

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

**CULTURAS DE COBERTURA DE INVERNO NA IMPLANTAÇÃO DE  
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO SEM USO DE HERBICIDAS**

**HENRIQUE VON HERTWIG BITTENCOURT**

Florianópolis, agosto de 2008.

**HENRIQUE VON HERTWIG BITTENCOURT**

**CULTURAS DE COBERTURA DE INVERNO NA IMPLANTAÇÃO DE  
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO SEM USO DE HERBICIDAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em  
Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação  
em Agroecossistemas, Centro de Ciências  
Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato

**FLORIANÓPOLIS**  
2008

## FICHA CATALOGRÁFICA

Bittencourt, Henrique von Hertwig.

Culturas de cobertura de inverno na implantação de sistema de plantio direto sem uso de herbicidas/ Henrique von Hertwig Bittencourt – Florianópolis, 2008.

68 f.; Il, grafs., tabs.

Orientador: Paulo Emílio Lovato

Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias.

Bibliografia: f. 65 – 68.

1. Agroecologia – Teses. 2. Controle biológico – Teses 3. Plantas espontâneas – Teses. 4. Plantio direto – Teses. I. Título.

# **TERMO DE APROVAÇÃO**

**HENRIQUE VON HERTWIG BITTENCOURT**

## **CULTURAS DE COBERTURA DE INVERNO NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE PLANTIO DIRETO SEM USO DE HERBICIDAS**

Dissertação aprovada em 8 de agosto de 2008 como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato  
Orientador

---

Prof. Dr. Alfredo Celso Fantini  
Coordenador do PGA

### **BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Jucinei José Comin  
(Presidente – CCA/UFSC)

---

Prof. Dr. Antônio Carlos Alves  
(Membro – CCA/UFSC)

---

Dr. Edson Silva  
(Membro – EPAGRI)

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho  
(Membro – CCA/UFSC)

Florianópolis, 8 de agosto de 2008.

*Mágica é acreditar em você mesmo, se consegue fazer isto, você pode fazer qualquer coisa acontecer.*

Johann Wolfgang von Goethe

## AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e algumas instituições foram fundamentais para a realização deste trabalho e de maneira alguma poderia deixar de ser registrado aqui, mesmo em forma de um modesto agradecimento, o reconhecimento por todo apoio a mim prestado.

Agradeço meus pais, Paulo e Mô, pelo exemplo, amor incondicional e tudo que é impossível de ser traduzido em palavras.

As minhas queridas avós: Ingeborg Vera von Hertwig e Ida Trevisol por todo amor oferecido e que espero, ter sido retribuído por mim.

A Gabi pelo carinho e compreensão neste momento conturbado e por colocar no meu rosto, ininterruptamente, sinceros sorrisos de felicidade.

Ao Max e a Lola por irradiar o que a vida tem de mais belo.

Ao grande Jair Silva, sobrenome trabalho, que sempre se manterá presente como exemplo de determinação e hombridade.

Ao professor da vida Antônio Carlos Machado da Rosa, por ter sempre acreditado e por se manter fiel aquilo em que acredita.

Ao irmão que a vida me brindou, Marcos Alberto Lana, popularmente conhecido por Blumenau pelo carinho e companheirismo.

Ao meu orientador, Paulo Emílio Lovato, que mais que um orientador se manteve como um amigo fraterno e prestativo, compartilhando sua sabedoria e conhecimento.

Aos professores Miguel Altieri, Clara Nicholls e Darci Trebien pelo carinho e compreensão.

Ao Círio, Luba e Marquinhos da estação experimental da EPAGRI de Campos Novos pela força.

Aos amigos do laboratório de Ecologia do Solo da UFSC: Eduardo Moreira, Cíntia Schelbauer, Lauro Martins, Elisa Vilvert, Marcelo Venturi e Ivan Bonjorno, sempre muito voluntariosos.

Aos amigos Daniel Moritz, Douglas Bittencourt, Murilo Dalla Costa, André Ricardo Righetto, Kamilly Garcia, Cristina Eberhardt, Emanuele Ely, Cristelle Blackford, Júlio Veiga Silva, Nátili von Ende Lopes, Vivian Lipiarski, Andréia Tecchio, Eduardo Rothstein Alves, Carolina Velloso, Charles Padilha, Júlio Erpen e Felipe Romanowski pelo carinho, compreensão e camaradagem nos bons e maus momentos da vida.

Ao Naná e ao pessoal que sempre está lá: Darci, Gonzaga, Ingrid, Jalau e dona Neucir, pelos inúmeros momentos de felicidade e boa companhia.

Ao seu Altino e outros tantos agricultores que encontrei nesta curta existência, que além de cederem suas casas para minha estada me trataram como filho.

Meu muito obrigado a Janete Guenka pela paciência, a CAPES pela bolsa e a fundação norte-americana CS-Fund/Warsh-Mott Legacy pelo custeio do trabalho.

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1. Plantas espontâneas em lavouras anuais .....	19
2.1.1. Espontâneas de verão na Região Meio-Oeste de SC .....	23
2.2. Estratégias atuais para o controle de plantas espontâneas .....	26
2.3. Manejo de plantas espontâneas no sistema orgânico/agroecológico .....	31
2.4. Alelopatia .....	34
2.4.1. Modos de ação de compostos alelopáticos .....	35
2.4.2. Alelopatia em agroecossistemas .....	37
2.4.3. Uso dos aleloquímicos como herbicidas naturais .....	41
3. OBJETIVOS .....	44
3.1. Gerais .....	44
3.2. Específicos .....	44
4. METODOLOGIA .....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	50
5.1. Cobertura do solo no inverno .....	50
5.2. Produção de fitomassa das plantas de cobertura de inverno .....	52
5.3. Produção de fitomassa de plantas espontâneas de verão .....	55
5.4. Rendimento de feijão .....	60
5.4.1. Custo-benefício das coberturas de inverno .....	62
6. CONCLUSÕES .....	64
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ANOVA</b>	- Análise de Variância;
<b>ANVISA</b>	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária;
<b>CEPA</b>	- Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola;
<b>EPAGRI</b>	- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.;
<b>2,4-D</b>	- ácido diclorofenoxiacético;
<b>DAE</b>	- dias após a emergência;
<b>DMS</b>	- diferença mínima significativa;
<b>cm</b>	- centímetro;
<b>g</b>	- grama;
<b>ha</b>	- hectare;
<b>MASPA</b>	- massa do peso seco da parte aérea;
<b>m</b>	- metro;
<b>m<sup>2</sup></b>	- metro quadrado;
<b>Mg</b>	- megagrama;
<b>kg</b>	- quilograma;
<b>R\$</b>	- real;
<b>US\$</b>	- dólar norte-americano.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Estado de Santa Catarina com destaque para o município de Campos Novos e região.....	45
Figura 2. Croqui do experimento realizado a campo.....	46
Figura 3. Semeadura do feijão com plantadeira de plantio direto.....	47
Figura 4. Porcentagem de cobertura de solo por culturas de cobertura de inverno a 60 e 120 dias após a semeadura das culturas de cobertura.....	50
Figura 5. Massa seca das culturas de cobertura de inverno no momento da rolagem.....	53
Figura 6. Ervilhaca se afixando na estrutura deixada pelo centeio.....	54
Figura 7. Massa do peso seco de espontâneas de verão ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) nas diferentes culturas de cobertura de inverno sete dias após a emergência (DAE) do feijão.....	58
Figura 8. Rendimento do feijão ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) nos diferentes tratamentos com culturas de cobertura de inverno.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeitos de substâncias químicas produzidas por culturas de cobertura de inverno sobre outros organismos. ....	36
Tabela 2. Massa da fitomassa seca total de espontâneas ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) 14 dias após a emergência (DAE) do feijão, 21 DAE e 28 DAE do feijão, após diferentes culturas de cobertura de inverno. ....	56
Tabela 3. Custo de sementes, receita bruta e retorno por unidade monetária investida em culturas de cobertura de inverno.....	63

## RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de apresentar os resultados de uma pesquisa destinada a identificar a capacidade supressiva das culturas de cobertura de inverno utilizadas por agricultores familiares e recomendadas por técnicos e pesquisadores sobre as plantas espontâneas de verão e o efeito da fitomassa das culturas de cobertura no rendimento da cultura de feijão. Investigou-se o efeito das culturas de cobertura de inverno com centeio (*Secale cereale*), aveia preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), assim como algumas associações, em sistema de plantio direto na porcentagem de cobertura do solo, na produção de fitomassa das coberturas de inverno, na produção de fitomassa de plantas espontâneas de verão no período crítico de competição com o feijão e no rendimento de grãos da cultura do feijão. Instalou-se o experimento na estação experimental da EPAGRI de Campos Novos (940 m de altitude) com delineamento experimental constituído por blocos ao acaso com quatro repetições e nove tratamentos. Observaram-se as maiores porcentagens de cobertura do solo no inverno com os tratamentos centeio + ervilhaca, centeio + ervilhaca + nabo forrageiro e aveia + ervilhaca enquanto a produção de fitomassa de cobertura foi maior com centeio + ervilhaca + nabo forrageiro. As espécies de espontâneas que mais produziram fitomassa foram, em ordem crescente, capim-papuã (*Brachiaria plantaginea*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), picão-preto (*Bidens pilosa*) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla*). Não foi detectada correlação da fitomassa de cobertura com a supressão de plantas espontâneas de verão; o efeito de supressão foi maior no monocultivo de azevém e no consórcio de centeio + ervilhaca + nabo forrageiro. Os melhores rendimentos de feijão foram obtidos com azevém, aveia e centeio + ervilhaca, que atingiram 1,95, 1,73 e 1,79 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente. O azevém e a aveia apresentaram os menores custos com sementes e as maiores receitas, ou seja, os maiores retornos por unidade monetária investida.

## ABSTRACT

This thesis was made with the objective of presenting the results of a research made to identify the suppressive effect of winter cover crops used by family farmers of Santa Catarina State (Brazil) and recommended by technicians and researchers on summer weeds suppression and the effect of the crops biomass on the common bean yield. The effect of the use of winter cover crops like rye (*Secale cereale*), black oat (*Avena strigosa*), ryegrass (*Lolium multiflorum*), vetch (*Vicia sativa*) and fodder radish (*Raphanus sativus*) as some associations were investigated in no-tillage systems on soil cover percentage, winter cover crops biomass production, biomass of summer weeds during critical period of competition with beans and common beans yield. The experiment was conducted on EPAGRI experiment station in Campos Novos (940 m altitude) with experimental design of blocks with four repetitions and nine treatments. The highest percentages of soil cover were observed in rye + vetch, rye + vetch + fodder radish and black oats + vetch while biomass production were higher in rye + vetch + fodder radish. The weeds that produced more biomass were, in ascending order, *Brachiaria plantaginea*, *Ipomoea grandifolia*, *Bidens pilosa* and *Euphorbia heterophylla*. No correlation was found between winter cover crops and summer weeds biomass; the suppression effect was higher in monoculture of ryegrass and in the consortium of rye + vetch + fodder radish. The best bean yields were obtained on ryegrass, rye and black oats + vetch, which reached 1.95, 1.73 and 1.79 Mg ha<sup>-1</sup> respectively. The ryegrass and black oats were the seeds with lower costs and higher revenues, getting the greatest returns on invested monetary unit.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto, utilizado por muito tempo especialmente na preservação das características biofísico-químicas do solo, vem atualmente despertando mais interesse em virtude da possibilidade de ser conduzido sem a utilização de herbicidas (DAROLT e NETO, 2004).

Muitos estudos tem verificado a necessidade de reduzir drasticamente a utilização de controle químico no controle integrado de espontâneas, seja em virtude dos custos não compensados pelo ganho em desempenho da cultura principal quanto pela preocupação sobre os possíveis impactos dos compostos utilizados na composição dos herbicidas sobre os recursos naturais e organismos que sejam expostos direta ou indiretamente (DOYLE, 1997).

Sistemas de plantio direto podem ser um passo importante na transição de agroecossistemas manejados em sistema convencional para o agroecológico, sem o revolvimento do solo. Segundo Altieri (1999), o não revolvimento do solo favorece o desenvolvimento maior de microorganismos benéficos em relação aos que causam danos aos cultivos. No entanto, um dos principais entraves para a adoção deste sistema tem sido a dificuldade no controle de espontâneas sem a utilização de herbicidas (DAROLT e NETO, 2004).

Doyle (1997) alerta para a necessidade de adoção de práticas de controle integrado de espontâneas que transformem o uso profilático de agroquímicos em uso seletivo, em que se procure diminuir a dependência de insumos externos e maximizar o uso de controles físicos e biológicos para espontâneas, doenças e pragas, a fim de diminuir o impacto ambiental dos cultivos. Algumas culturas de cobertura de inverno podem auxiliar no controle de espontâneas, diminuindo a população ou reduzindo o potencial de competição por água, luz, nutrientes e solo destas com o cultivo (KOHLLI *et al.*, 2006).

As plantas mais utilizadas em sistemas de plantio direto têm sido gramíneas (Poaceae), por apresentarem grande produção de fitomassa e por sua persistência na cobertura do solo em virtude de sua alta relação entre as moléculas de carbono e nitrogênio (C:N) (MONEGAT, 1991) devido ao ciclo de fixação de carbono, tipo C<sub>4</sub>. Também são muito utilizadas pelo auxílio no controle das espontâneas mediante efeitos físicos e químicos. Culturas de cobertura de inverno também auxiliam no controle da lixiviação de nitrogênio (NO<sub>3</sub>), responsável pela contaminação de reservatórios e cursos de água através da absorção do excesso de nitrogênio proveniente da fertilização para o cultivo anterior e a mineralização deste em nitrogênio (N) orgânico do solo, influenciando positivamente também outros pontos importantes da ciclagem de nutrientes (ALTIERI, 1999; RUFFO *et al.*, 2004; ALTIERI *et al.*, 2007).

Os cultivos podem ter seus rendimentos influenciados positiva/negativamente pelas culturas de cobertura de inverno, dependendo de suas interações na dinâmica do N e da interferência na disponibilidade de água para a cultura posterior (WYLAND *et al.*, 1996). A utilização de espécies e combinações de plantas de cobertura adequadas faz o sistema de plantio direto estabelecer uma vantagem econômica nos custos de produção, em comparação aos cultivos convencionais, pela economia de fertilizantes químicos e energia gasta com revolvimento e menor desgaste dos recursos naturais do solo.

Há grande interesse no efeito das plantas de cobertura de inverno no controle das espontâneas de verão na cultura do feijão, tendo em vista que grande parte das unidades de produção familiar apresenta perdas de produtividade consideráveis em decorrência da competição dos cultivos com as espontâneas (PASSINI, 2001) e do elevado custo das medidas de controle químico (DOYLE, 1997). As perdas de rendimento da cultura do feijão, em virtude de competição com espontâneas, podem variar entre 15 e 97% (LUNKES, 1997). Por outro lado, o uso de culturas de cobertura para o controle de espontâneas por alelopatia ainda tem sido pouco explorado na agricultura, apesar do grande potencial de realização de

combinações benéficas que viabilizem um incremento no rendimento de culturas de interesse (PUTNAM e DUKE, 1978).

O sistema de plantio direto beneficia o agroecossistema em que é utilizado, reduzindo perdas de solo por erosão, mantendo os organismos do solo protegidos da incidência direta de sol e variações extremas de temperatura e umidade, aumentando a biodiversidade funcional e diminuindo a intensidade do trabalho dos agricultores. No entanto, o sistema ainda se encontra dependente da utilização de herbicidas para o controle de espontâneas (DAROLT e NETO, 2004).

O uso indiscriminado de herbicidas tem sido alvo freqüente de críticas de técnicos, pesquisadores e agricultores preocupados, em particular, com a contaminação de água e o desenvolvimento de resistência em espontâneas (DOYLE, 1997). A transição do modelo convencional de plantio direto para o agroecológico depende da suspensão do uso de herbicidas e isto depende da criação de alternativas para o controle de espontâneas.

O princípio da prevenção deve ser adotado para o manejo de espontâneas em sistemas de transição visando principalmente diminuir a taxa de ressemeadura das espontâneas (DAROLT e NETO, 2004). Para isto existe um número elevado de técnicas a serem adotadas, como o uso de máquinas que permitam um bom corte da palha (com pouco revolvimento de solo na linha de plantio), plantio em época adequada, uso de espaçamento entre linhas e densidade de semeadura que beneficiem a ocupação rápida da área pela cultura, uso de plantas de cobertura com notório efeito alelopático e/ou grande capacidade de produção de fitomassa e, em último caso, realizar controle físico através de capina ou roçada no período crítico de competição da cultura (DAROLT e NETO, 2004), o qual refere-se ao intervalo de tempo no ciclo de vida da cultura em que a interferência de espontâneas ocasiona diminuição na produtividade do cultivo (ZIMDAHL, 1980 apud HALFORD *et al.*, 2001).

Este trabalho procurou compreender o efeito das coberturas de inverno com centeio (*Secale cereale*), azevém (*Lolium multiflorum*), aveia preta (*Avena strigosa*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), comumente utilizados em sistemas de plantio direto por agricultores familiares catarinenses, para cobertura do solo no inverno, na produção de fitomassa de cobertura, na produção de fitomassa de espontâneas de verão e no rendimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde a Segunda Guerra Mundial, os países industrializados intensificaram o processo de simplificação da agricultura, diminuindo, no tempo e espaço, a variedade de espécies manejadas em sistemas agrícolas. Deste modo, a simplificação dos agroecossistemas, que não leva em conta aspectos ecológicos importantes, está ligada à dependência do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos e também da degradação, muitas vezes irreversível, do solo (BADGLEY, 2002).

Muitos trabalhos contam com críticas extensas quanto à artificialização e adequação dos ambientes agrícolas para as culturas comerciais. Segundo Benyus (2003), o homem afastou de tal maneira as plantas cultivadas do ambiente natural em que evoluíram que elas não conseguem mais se arranjar sem a intervenção humana e a “transfusão petroquímica” de fertilizantes e agrotóxicos.

A agricultura tem sido apontada como a atividade humana responsável pelo maior impacto negativo sobre a biodiversidade do planeta (BADGLEY, 2002). No mundo industrializado, a agricultura evoluiu para a produção intensiva e em larga escala de monoculturas a partir da segunda revolução industrial (1860), tentando sistematizar a agricultura como foi feito com a indústria, desprezando a dimensão e a importância dos processos ecológicos.

Por não levar em conta aspectos ecológicos fundamentais para a manutenção sustentável de agroecossistemas e por tentar simplificá-los, a agricultura industrial fez com que os agricultores perdessem muito do seu conhecimento, construído na observação de processos naturais, para se tornarem dependentes da indústria de fertilizantes, agrotóxicos e máquinas agrícolas.

O uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura deteriorou a qualidade dos agroecossistemas, resultando em problemas ambientais e ameaças à saúde humana, tanto de agricultores quanto de consumidores. O Brasil, segundo a Gerência Geral de Toxicologia da

ANVISA (2006), é o terceiro maior consumidor de agrotóxicos do mundo, tendo movimentado a quantia de 4,5 bilhões de dólares norte-americanos e mais de 463 mil toneladas de agrotóxicos no ano de 2004. Nesse mesmo ano, cerca de três milhões de intoxicações agudas pelo uso de agrotóxico foram registradas no mundo, sendo 70% deste total de origem ocupacional. Contaminações de origem ocupacional são aquelas que advêm de contato com agentes contaminantes demandados pela profissão, neste caso, agrotóxicos utilizados por agricultores. Os inseticidas e os herbicidas são os maiores responsáveis pelos registros de intoxicações crônicas de humanos causadas pelo contato com agrotóxicos (ANVISA, 2006). É preciso ressaltar que os dados obtidos pelas agências e instituições responsáveis pelos registros das intoxicações são valores subestimados, pois os diagnósticos feitos pelos médicos nem sempre são relacionados com o contato do paciente com o agrotóxico.

Só na última década do século passado é que se iniciou um debate mais intenso sobre uso massivo de agrotóxicos, problemas oriundos do abandono do uso de rotação de culturas e de policultivos e mau uso de maquinário e implementos agrícolas nos sistemas de produção convencionais. Como resposta houve um aumento significativo no uso das bases científicas ecológicas em agroecossistemas quando comparado à perpetuação da utilização de combustíveis fósseis e derivados para manutenção da produtividade e controle químico de pragas, doenças e espontâneas (LIEBMAN e DYCK, 1993). Isto está tornando possível não apenas compreender os problemas, mas também gerar uma base sólida para que seja possível realizar uma transição de sistemas convencionais para outros menos impactantes, nas dimensões social, ambiental e econômica.

## **2.1. Plantas espontâneas em lavouras anuais**

Das quase 250 mil espécies vegetais distribuídas no mundo, apenas 250 (0.1%) representam ameaças à produtividade de cultivos na agricultura que justifiquem medidas de controle. Quase 70% destas plantas pertencem a apenas 12 famílias, com 40% deste total pertencendo a duas, Poaceae e Asteraceae (RADOSEVICH *et al.*, 1997).

Cerca de 75% dos alimentos cultivados no mundo provém de uma dúzia de espécies; cevada, milho, milheto, aveia, arroz, sorgo, cana-de-açúcar, trigo, batata, batata-doce, mandioca e soja (RADOSEVICH *et al.*, 1997). O uso restrito feito pelo homem da variedade disponível no meio faz com que a presença de qualquer uma das plantas não cultivadas seja motivo de preocupação e provoque reação para o controle nos meios agrícolas. Com o surgimento do controle químico e o barateamento do custo dos compostos, tornou-se freqüente o uso profilático de herbicidas nas áreas de cultivo.

Plantas que crescem onde o homem não as quer possuem inúmeras denominações e funções ecológicas. Para Norris e Kogan (2005), os termos empregados pelos integrantes da comunidade agrícola que enfatizam a visão antropocêntrica não são as mais corretas para a discussão de interações ecológicas entre organismos em um ecossistema. Quando agricultores utilizam espontâneas como parte de sua alimentação ou na alimentação animal, não faz sentido se referir a elas como plantas daninhas ou invasoras, a não ser que estejam causando perdas de produtividade inaceitáveis aos cultivos quando não controladas (NORRIS e KOGAN, 2005).

A presença de espontâneas em lavouras anuais sempre foi relacionada a perdas indiretas de produtividade das culturas em virtude de competição por luz, água, nutrientes e volume de solo. Profissionais da área das ciências agrárias e agricultores convencionais costumam estigmatizar qualquer outra espécie vegetal em qualquer densidade. Isso fez com que as medidas de controle adotadas fossem sempre visando à erradicação das espontâneas e não o

controle de sua densidade quando era verificado, pelo monitoramento de suas populações, que estas poderiam ameaçar a produtividade do cultivo.

Uma monocultura mantida “limpa” representa um extremo em agroecossistemas, em que a única espécie presente é a da cultura desejada. Um policultivo que convive com espontâneas, em que até as plantas que não fazem parte do cultivo são aproveitadas representam o extremo oposto, no qual estas compõem um significativo componente da vegetação (NORRIS e KOGAN, 2005).

Agricultores lidam continuamente com a infestação de espontâneas em culturas agrícolas e sua importância tem sido refletida no aumento gradativo do número de horas de trabalho, aplicação de herbicidas e em outras medidas de controle (BLACKSHAW *et al.*, 2008), a fim de diminuir o impacto da competição destas com o cultivo.

Até a criação de legislação que regulamentou a produção e comercialização de orgânicos, o manejo de espontâneas se restringia ao uso de herbicidas e controle mecânico, o que tem mudado rápida e continuamente no continente europeu pela adoção de medidas de controle integrado e princípios da agricultura orgânica (COLBACH *et al.*, 2004). A lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que regulamentou a produção orgânica no Brasil, prevê que o sistema orgânico de produção deve utilizar alternativas biológicas aos produtos sintéticos utilizados, além de apresentar como meta o aumento da biodiversidade, entre outras.

As práticas convencionais de controle de espontâneas estão sendo atualmente muito discutidas, uma parte pela preocupação ambiental vigente e a outra pelas constatações de pesquisadores que descobriram que as tentativas de controle químico e físico algumas vezes não representam nenhum ganho de rendimento, originando um custo de produção injustificável. É irracional propor que os cultivos sejam abandonados a própria sorte após o plantio, mas as medidas de controle de espontâneas devem ser tomadas por meio de observações no campo e considerando estudos pertinentes.

A presença de espontâneas só é determinante no rendimento quando a competição destas com o cultivo ocorre intensamente em estádios fenológicos de crescimento da cultura mais sensível a pressões (GUSTAFSON *et al.*, 2006). Os períodos críticos de competição se encontram geralmente nos estádios fenológicos iniciais, entre o final do crescimento vegetativo e o início do reprodutivo, situando-se, em média, no primeiro terço do ciclo das culturas anuais. Além da competição e exaustão de recursos essenciais para a manutenção, o crescimento e a reprodução de espécies vegetais, as plantas espontâneas podem interferir com os cultivos através da liberação de compostos alelopáticos no meio (KOHLI *et al.*, 2006).

A ocorrência de uma convivência harmônica de espécies vegetais em um agroecossistema depende da densidade, da estrutura da parte aérea e de raiz e das propriedades químicas das espécies vegetais que compõem a comunidade. As simplificações de agroecossistemas com a utilização de monocultivos, buscando a erradicação de todas as outras plantas, acabam por predispor as plantas cultivadas a uma competição com plantas espontâneas selecionadas e mais adaptadas às características do meio, potencializando maiores perdas de produtividade pela presença de melhores competidoras. Espontâneas tem sido alvo constante de tentativas de erradicação nas áreas de cultivo, desenvolvendo assim, características fisiológicas, agronômicas e reprodutivas que as tornaram muito bem sucedidas quando comparado aos cultivos agrícolas.

A presença de espontâneas nos agroecossistemas, no entanto, apresenta outros aspectos negativos além da competição, porém também apresenta aspectos positivos. Alguns insetos considerados pragas de cultivos agrícolas se utilizam de folhas de espontâneas para realizar a ovoposição. Como exemplo existe a preferência da lagarta rosca por língua-de-vaca (*Rumex* spp.) a trigo, alfafa, milho ou soja e a lagarta do cartucho (*Spodoptera* spp.) em plantas de caruru (*Amaranthus* spp.) (NORRIS e KOGAN, 2005). Da mesma forma, insetos benéficos também podem utilizar espontâneas para ovoposição.

A presença de artrópodes herbívoros em comunidades de culturas agrícolas são muito afetadas, positiva ou negativamente, pelo crescimento de outras culturas espontâneas e outras espécies vegetais na periferia do campo (NORRIS e KOGAN, 2005). Para Norris e Kogan (2005), a presença de espontâneas nos cultivos pode ajudar a prover um controle efetivo na população de artrópodes herbívoros e beneficiar a cultura agrícola, especialmente quando as espontâneas e o cultivo não são aparentados e não competem entre si.

Para a restauração do equilíbrio entre cultivares, espontâneas, pragas e doenças em agroecossistemas, pode contar-se com o uso da alelopatia (ANAYA, 1999; SÁNCHEZ *et al.*, 2004). Além de promover a ocorrência de interações positivas em agroecossistemas do ponto de vista ecológico, a alelopatia pode ajudar a romper muitas das dependências tecnológicas dos agricultores. A utilização da alelopatia em agroecossistemas tem sido feita através da utilização de plantas de cobertura com notório efeito supressor sobre plantas espontâneas.

### 2.1.1. Espontâneas de verão na Região Meio-Oeste de SC

Na Região Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina, existe cerca de uma dezena de espontâneas que acarretam perdas de produtividade em culturas anuais como soja, milho e feijão. Estas plantas são um alvo constante de medidas de controle por parte dos agricultores. É possível citar quatro espécies de espontâneas que se destacam em sua ocorrência, produzindo grandes quantidades de fitomassa e competindo com culturas anuais, influenciando negativamente a produtividade: corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), capim-papuã (*Brachiaria plantaginea*), picão-preto (*Bidens pilosa*) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla*).

A corda-de-viola é nativa da América do Sul, podendo ser encontrada na Argentina, no Uruguai, no Paraguai e no Brasil. Corresponde à espécie de planta espontânea do gênero *Ipomoea* mais fácil de ser encontrada nas lavouras do Brasil. O principal problema de sua ocorrência é a dispersão de longos ramos volúveis que se emaranham na cultura e dificultam a colheita mecanizada, sendo muito encontrada em campos de soja e feijão e em taipas de arroz irrigado. Trata-se de uma planta anual que se reproduz por sementes com ciclo de vida entre 120 a 180 dias, dependendo da época do ano em que ocorre a germinação, preferindo solos modificados, como os agrícolas, no qual apresenta maior capacidade de competição (KISSMAN e GROTH, 1999).

O capim-papuã possui origem africana, tendo vindo para as Américas possivelmente nas camas de palha que os escravos confeccionavam para a viagem nos navios (KISSMAN, 1991). O capim-papuã possui importância econômica positiva quando utilizado como pastagem para o gado, produzindo grande quantidade de fitomassa e apresentando boa palatabilidade. O lado negativo reside no fato de ser atualmente uma das gramíneas mais agressivas nos cultivos anuais, podendo diminuir o rendimento da soja em até 50% (KISSMAN, 1991). As sementes apresentam maior viabilidade logo após o inverno e podem

manter-se viáveis no solo por muitos anos, por isso as movimentações do solo podem causar re-infestações de áreas que estavam livres após anos de práticas de manejo que não revolvem o solo, como o plantio direto. A germinação depende de chuvas regulares e incidência de sol. A planta termina o ciclo no fim do outono em regiões frias (KISSMAN, 1991). Ela apresenta porte semi-ereto, podendo atingir até um metro de altura e perfilha intensamente, formando touceiras de grande porte, com raízes fasciculadas.

O picão-preto é nativo da América tropical e está presente em quase todo território brasileiro, sendo muito utilizada na alimentação humana na costa oeste da África e no preparo de bebida típica nas Filipinas (KISSMAN e GROTH, 1999). Na época de floração, pode ser utilizada na alimentação animal (cunicultura). Segundo a farmacopéia brasileira, é indicada como estimulante, anti-desintérica, anti-escorbútica, vermífuga, tratamento de icterícia e exercendo atividade hipoglicemiante em mamíferos (KISSMAN e GROTH, 1999). Por outro lado, é uma das espontâneas mais temidas, sendo responsável pelo prejuízo à produtividade de muitas culturas anuais, em cerca de 40 países, e pela infestação de quase todas as culturas anuais no Brasil, com exceção dos cultivos de inverno da região Sul e do arroz irrigado. Além da competição com os cultivos, o picão-preto serve como hospedeiro para nematóides como *Meloidogyne* e *Paratylenchulus*, fungos do gênero *Cercospora* e *Uromyces*, pulgões e coleópteros responsáveis por prejuízos consideráveis na agricultura (KISSMAN e GROTH, 1999). É uma planta anual e se reproduz por sementes que germinam a uma profundidade não maior que 1 cm. A germinação depende de temperatura, umidade e luz, e as sementes que permanecem latentes no solo podem permanecer viáveis até cinco anos (KISSMAN e GROTH, 1999). Num povoamento com dicotiledôneas, o picão costuma ser um bom competidor por apresentar crescimento rápido, mas encontra dificuldades quando há presença de gramíneas. O crescimento é vigoroso com temperatura e umidade altas, não requer insolação direta e são mais sensíveis a medidas de controle na fase em que estão em



crescimento rápido, pelo consumo de suas reservas nutritivas. Seu ciclo varia de 130 a 150 dias, dependendo da época de germinação, e as plantas podem atingir até 1,8 m em condições ideais (KISSMAN e GROTH, 1999).

O leiteiro é uma espécie com características muito variáveis com relação ao formato das folhas, diferindo dentro e entre populações (KISSMAN e GROTH, 1999). A planta é nativa do continente americano e é uma das mais importantes entre as plantas espontâneas de verão, sendo encontrada em cultivos em mais de 40 países e em inúmeras regiões no Brasil. As plantas crescem com muita rapidez e possuem uma capacidade de multiplicação muito grande, sombreando e dificultando o crescimento de culturas anuais de crescimento mais lento, competindo muito com os cultivos na absorção de nutrientes e água. Possui ciclo anual e se reproduz mediante sementes que precisam de alterações de temperatura e luminosidade para que ocorra germinação. As sementes germinam até a 12 cm de profundidade, durante o ano todo, podendo ser conservadas por muito tempo no solo e apresentando zoocoria (KISSMAN e GROTH, 1999). As plantas podem chegar a 2 m de altura dependendo das condições de desenvolvimento, preferindo solos bem drenados e férteis e produzindo ramificações de acordo com estímulos de luminosidade. Populações com alta densidade e na presença do fungo *Bipolaris euphorbiae* apresentam altíssimos índices de mortalidade, mas apesar do potencial para uso no controle biológico, ele ainda não vem sendo utilizado na agricultura (KISSMAN e GROTH, 1999).

## 2.2. Estratégias atuais para o controle de plantas espontâneas

O controle de espontâneas é quase tão antigo quanto a agricultura (KLINGMAN e ASHTON, 1975). Os métodos de controle empregados na agricultura são do tipo mecânico (capina, aração e roçada), biológico (pela introdução de artrópodes herbívoros, microorganismos patogênicos e uso de plantas de cobertura), químico (herbicidas) e através do uso do fogo. O sucesso no controle de espontâneas depende da intervenção no tempo adequado, que varia de acordo com o período crítico de competição de cada cultura (GUSTAFSON *et al.*, 2006).

De um modo geral, as medidas de controle baseiam-se na classificação das espontâneas em dois grupos distintos: monocotiledôneas e dicotiledôneas. No tempo, o controle evoluiu do controle manual para a utilização de equipamentos movidos à tração animal ou dependentes do petróleo. Os primeiros registros de controle químico de espontâneas foram pelo uso de sais inorgânicos, no início do século XX (RADOSEVICH *et al.*, 1997).

O maior número registros de trabalhos realizados com uso de químicos foram realizados na Alemanha, França e EUA, onde cientistas começaram utilizando sais cúpricos e, posteriormente, ácido sulfúrico para fazer o controle de plantas indesejadas em campos de cereais (RADOSEVICH *et al.*, 1997). Com o tempo, foram sendo testados também os efeitos de sais metálicos, até que Pokorny produziu sinteticamente o 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético), um regulador de crescimento vegetal, no ano de 1941. O 2,4-D é utilizado como um herbicida sistêmico que controla dicotiledôneas (plantas de folhas largas), sendo absorvido tanto por folhas quanto por raízes. O modo de ação se dá mediante estímulo ao incremento da divisão celular em inúmeros tecidos, que acaba por ocasionar o surgimento de tumores (RODRIGUES e ALMEIDA, 1995). Esta substância é uma das mais estudadas pela ciência e está regulamentada em inúmeros países para o controle de espontâneas na agricultura, sendo registrada, no Brasil, para uso em soja (em pré-plantio), milho, cana-de-

açúcar, café, trigo, aveia, centeio, arroz e pastagem formada. A contaminação de mamíferos por 2,4-D ocasiona interrupção da produção de energia, provocando uma queda na biossíntese de ATP (adenosina trifosfato), além de causar mutações celulares associadas ao câncer (SCC, 2005). Além disto, SCC (2005) aponta inúmeros registros que enquadram o herbicida 2,4-D como teratogênico, neurotóxico, imunossupressivo, citotóxico e hepatóxico em humanos.

O uso de herbicidas para o controle de espontâneas surgiu como um dos eventos mais importantes para a agricultura. Segundo Blackshaw *et al.* (2008), os herbicidas representam atualmente de 20 a 30% dos custos de produção dos sistemas agrícolas norte-americanos e correspondem atualmente a 30% da produção mundial de agrotóxicos (CABRAL *et al.*, 2003 apud COUTINHO *et al.*, 2005).

Por apresentarem amplo espectro e alta atividade residual, até a década de 70 do século passado, os herbicidas comerciais, como o paraquat, não eram recomendados para uso agrícola em culturas sensíveis, tanto pré como pós-emergente (ZIMDAHL, 1971). Mesmo assim, o paraquat ainda é um herbicida muito utilizado na agricultura brasileira, sendo classificado como classe I, que corresponde ao maior grau de toxicidade, ou seja, extremamente tóxico. É altamente difundido em bananais e na cultura do milho. Esse tipo de herbicida tem provocado inúmeros casos de fibrose pulmonar, que na maior parte das vezes culmina com morte por falência respiratória (ALMEIDA *et al.*, 2007).

No Brasil, os agrotóxicos são classificados pela Gerência Geral de Toxicologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, responsável pelo desenvolvimento, planejamento e orientação do Sistema Nacional de Vigilância Toxicológica que regulamenta, analisa, controla e fiscaliza produtos e serviços que envolvam riscos à saúde do homem e do meio. Os graus de toxicidade dos agrotóxicos são classificados, em ordem crescente, como: IV – pouco tóxicos; III – medianamente tóxicos; II – altamente tóxicos; I – extremamente tóxicos (ANVISA, 2006).

O paraquat é registrado no Brasil para uso como pré-emergente em algodão, aspargo, arroz, batata, beterraba, couve, feijão, soja e sorgo e como pós-emergente em milho, sorgo e culturas perenes, sendo muito difundido em sistemas de plantio direto para secagem das culturas de cobertura de inverno (RODRIGUES e ALMEIDA, 1995). Seu modo de ação depende da incidência de luz. Depois de aplicado, o composto, que é absorvido pelas folhas, desencadeia um processo contínuo de oxidação e redução, com formação de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), ocasionando a morte da planta (RODRIGUES e ALMEIDA, 1995).

Com o surgimento comercial de herbicidas do grupo das triazinas, no início dos anos 70 do século passado, houve uma popularização do uso de herbicidas na agricultura, provocada pelo preço mais acessível, iniciando também um problema sério de contaminação de reservatórios de água ao redor do mundo. Esses herbicidas são muito utilizados, no Brasil, como pré e pós-emergente em milho, cana-de-açúcar, sorgo e pinus, para o controle de espontâneas, especialmente das gramíneas e, também, em sistemas de plantio direto. Estudos epidemiológicos revelaram que a contaminação de humanos com atrazina ocasiona infertilidade em homens (HESS, 2007). O mecanismo de ação da atrazina ocorre pela inibição da fotossíntese, provocando clorose e a subsequente morte da planta. Seu período de persistência no solo é alto, podendo permanecer mais de 12 meses, quando aplicado em altas doses (RODRIGUES e ALMEIDA, 1995). Os herbicidas compostos por triazinas são classificados, no Brasil, como classe toxicológica III.

O glifosato também surgiu na década de 70 e, por ser não-seletivo, tornou-se um herbicida pós-emergente muito popular, sendo utilizado entre as linhas de culturas, como as de ameixa, cacau, café, citrus, maçã, nectarina, pêra, soja, uva, algodão e milho, na secagem das culturas de cobertura em sistema de plantio direto (DAROLT e NETO, 2004 e COUTINHO *et al.*, 2005) e em cultivos transgênicos resistentes. Com a comercialização de soja transgênica resistente ao glifosato, a partir de 1996, nos EUA, e de outras culturas, nos anos subsequentes,

houve um aumento na sua comercialização. O glifosato age nas plantas inibindo a enzima responsável pela catálise de reações que determinam a produção de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano), proteínas e ácidos nucleicos (COUTINHO *et al.*, 2005), além de inibir também a fotossíntese, causando murchamento progressivo. Por inibir especificamente uma enzima vegetal, o glifosato supostamente não apresenta toxicidade em mamíferos, mas comprovou-se tóxico sobre peixes, anfíbios e invertebrados (GIESY *et al.* 2000). Os herbicidas compostos por glifosato são classificados como classe toxicológica II ou IV, conforme sua formulação.

Apesar da adoção em massa da tecnologia dos herbicidas, o agricultor vem reduzindo sua utilização gradativamente quando começa a observar os baixos preços das *commodities*, os danos induzidos pelo uso de herbicidas, na mobilidade e a resiliência dos compostos, na criação de espontâneas super-resistentes e na pressão da opinião pública a respeito dos efeitos do seu uso sobre a saúde humana e do meio (DOYLE, 1997).

O controle mecânico também tem sido cada vez menos utilizado pela grande energia que demanda e por apresentar efeitos colaterais que, por muitas vezes, são piores que a presença da população inicial de espontâneas. Além de desencadear processos erosivos e de compactação, o revolvimento do solo pelo uso do arado transporta sementes latentes de plantas espontâneas presentes em camadas mais profundas do solo para a superfície, onde encontram condições mais adequadas para germinação e desenvolvimento.

A rotação de culturas tem-se mostrado eficiente na supressão de espontâneas quando existe o uso de culturas que produzem grandes quantidades de resíduos que permanecem na superfície do solo e liberam compostos alelopáticos (SÁNCHEZ *et al.*, 2004). Os resíduos de culturas criam impedimentos físicos e químicos (pela alelopatia) à germinação e ao desenvolvimento de muitas espontâneas. Além disto, o tipo de resíduo vegetal produzido e

deixado sobre o solo, entre uma cultura e outra, afeta diretamente o tipo e o número de microorganismos presentes no solo (POPA, 2008).

O aumento da densidade de semeadura também tem sido uma ferramenta utilizada para o controle de espontâneas, pois possibilita que o cultivo cubra mais rapidamente as entre linhas, dificultando o estabelecimento de outras plantas. O aumento da densidade de semeadura em anos consecutivos e o uso de policultivos facilitam o controle de espontâneas em virtude do sombreamento e da ocupação da área. Blackshaw *et al.* (2008) relatam que muitos agricultores, que adotaram densidade de semeadura 50% superior àquela que vinham utilizando em suas propriedades, no oeste canadense, colheram dividendos tanto no rendimento da cultura quanto no manejo em longo prazo das espontâneas.

A inserção de artrópodes herbívoros também tem se mostrado uma ferramenta útil para o controle de espontâneas, atuando tanto nas plantas quanto no banco de sementes (BOSCH *et al.*, 1985). No entanto, muitos deles precisam ser continuamente reintroduzidos em virtude do desenho dos agroecossistemas, que muitas vezes não promovem condições para a manutenção de suas populações. É necessário que os insetos introduzidos contem com abrigo e alimentação alternativa em períodos em que as plantas espontâneas estejam ausentes do agroecossistema (ALTIERI *et al.*, 2007).

O modo de fertilização do solo também influi diretamente na dinâmica de populações de espontâneas e pode ser facilmente alterado pela adoção de tecnologia apropriada, geralmente diferente das difundidas pelo sistema de cultivo convencional. Segundo Blackshaw *et al.* (2008), a aplicação de fertilizantes em toda a superfície do solo é responsável pelo incremento na produção de fitomassa de inúmeras espécies de plantas espontâneas. A simples mudança para um método de aplicação de fertilizantes nas linhas de cultivo ou em pontos específicos pode ser responsável por uma redução de até 40% na produção de sementes de espontâneas (BLACKSHAW *et al.*, 2008).

Atualmente existem muitas alternativas e propostas de novas estratégias para o controle de espontâneas no mundo inteiro. A maior parte delas concentra-se na proposta de controle integrado de espontâneas, em que se deve considerar o agroecossistema como um sistema unificado, no qual, insetos, espontâneas, doenças, nutrição vegetal e outros fatores que influenciam simultaneamente o crescimento e a produtividade da cultura precisam ser considerados como partes que compõe o todo (GUSTAFSON *et al.*, 2006).

Mudanças nas estratégias de controle de plantas espontâneas dependem do desenvolvimento de soluções alternativas, fundamentadas em princípios ecológicos capazes de resolver o problema na sua origem e não simplesmente originar mais medidas de controle paliativas que continuem gerando dividendos para poucos e dividindo os efeitos colaterais entre os demais. Apesar de exigir mais conhecimento do agroecossistema, a transição de um modelo convencional para um agroecológico faz com que o agricultor adquira independência de insumos externos, diminua a penosidade do trabalho e o impacto do seu trabalho no meio e na sua própria saúde, fazendo com que se perceba parte integrante do agroecossistema. Para Blackshaw *et al.* (2008), os agricultores adotam novas práticas quando percebem a necessidade de mudança e quando as práticas sugeridas são efetivas e economicamente viáveis.

### **2.3. Manejo de plantas espontâneas no sistema orgânico/agroecológico**

Os manejos em um sistema orgânico com plantas espontâneas diferem dos sistemas convencionais, tanto pelos produtos e equipamentos utilizados como pela forma de analisar e propor soluções para o problema. O processo de mudança do convencional, em que não existem restrições aos produtos, tipo de manejo e equipamentos registrados, para o orgânico é conhecido como conversão (DAROLT e NETO, 2004).

Para que um produto receba a denominação de orgânico, ele deverá obedecer a princípios estabelecidos pelas normas orgânicas por um período de tempo que pode variar de acordo

com o sistema de produção utilizado anteriormente e as condições ecológicas do momento, sendo avaliados por instituições certificadoras (BRASIL, 2003).

O principal problema técnico encontrado nos processos de conversão tem sido o controle das espontâneas (LANA, 2007). No sistema orgânico, essas plantas devem ser percebidas e manejadas como integrantes do sistema, sem objetivar sua eliminação por completo, mas buscando definir a fronteira econômica da sua presença e compreender os processos ecológicos que envolvem as espontâneas e os cultivos (DAROLT e NETO, 2004). É importante destacar a inexistência de uma solução única e pronta para o manejo de espontâneas em sistemas orgânicos, sendo que cada caso deve ser analisado de forma singular levando-se em conta aspectos peculiares, como clima, nível de infestação, variedade utilizada além de outros fatores considerados pertinentes.

Muitos agricultores adotam o sistema de plantio direto visando ao sistema de produção orgânico (DAROLT e NETO, 2004). A proposta de condução de um sistema de plantio direto, livre do uso de herbicida, parte do princípio de se utilizar culturas de cobertura de inverno para o manejo de espontâneas de verão pela criação de um ambiente desfavorável para a germinação e o estabelecimento de plantas espontâneas pela ação física e a composição química da cobertura. O resíduo destas culturas de cobertura geralmente promovem um controle específico e parcial das espontâneas nos estágios iniciais de crescimento da cultura subsequente (TEASDALE, 1996). Além disto, a rotação e a diversificação de culturas são práticas fundamentais no redesenho de agroecossistemas que objetivam um manejo sustentável de pragas, doenças e plantas espontâneas pela promoção da biodiversidade funcional (ALTIERI, 1999). Biodiversidade funcional pode ser entendida como a diversidade de espécies de um agroecossistema mantida com o propósito de desempenhar funções ecológicas importantes e que contribuam para a melhora dos processos produtivos (ALTIERI, 1999).



A mudança no manejo dos sistemas torna necessária a compreensão de novas dinâmicas ecológicas. Uma mudança do sistema convencional de manejo do solo com uso de arado e grade para o sistema de plantio direto, por exemplo, modifica a composição de espécies de espontâneas, produção de fitomassa, padrão de emergência temporal de espontâneas e as relações destas com o cultivo. De maneira geral, por exemplo, as plântulas de espontâneas emergirão mais tarde nos sistemas de plantio direto, permitindo que os cultivos sejam iniciados com uma vantagem competitiva (HALFORD *et al.*, 2001).

É preciso observar que o controle de espontâneas pela adoção de culturas de cobertura não acontece de forma imediata, principalmente porque o efeito principal das coberturas se dá sobre o banco de sementes. Blackshaw *et al.* (2008) afirmam em sua pesquisa que, apesar do aumento da diversidade de espécies de espontâneas após a adoção do sistema de plantio direto, agricultores canadenses notaram uma redução significativa na densidade de espontâneas e na produção de sementes após o quinto ano de adoção do novo sistema.

Além de agir diretamente sobre as plantas espontâneas, diminuindo o banco de sementes, a utilização de culturas de cobertura e o abandono do arado favorecem o aumento na mortalidade de sementes de plantas espontâneas. As sementes que permanecem na superfície do solo sofrem mais intensamente que aquelas abrigadas em camadas profundas do solo, por estarem continuamente sofrendo estímulos climáticos para germinação, predação por insetos e supressão pelas plantas de cobertura (BLACKSHAW *et al.*, 2008).

A combinação do uso do sistema de plantio direto, rotação de culturas, densidade de semeadura adequada, fertilização racional das culturas e uso adequado de culturas de cobertura é decisiva no manejo de espontâneas em sistemas idealizados visando à sua perpetuação ao longo do tempo, sem comprometer futuras gerações (BLACKSHAW *et al.*, 2008).

Mesmo existindo muitos registros de pesquisas indicando o potencial de supressão de plantas espontâneas por agricultores que realizam o controle de espontâneas através do uso de culturas de cobertura, muitos membros da comunidade agrícola continuam a subestimar os seus efeitos de supressão. Ao passo que os agricultores orgânicos canadenses promovem o azevém como cultura de inverno, tanto para a supressão de espontâneas como para a produção de fitomassa, os agricultores convencionais do Canadá somente se utilizam desta espécie com a finalidade de proteger o solo após a colheita de culturas que produzem poucos resíduos, como batata e beterraba, considerando o benefício oriundo da supressão de espontâneas como algo secundário e sem relevância (BLACKSHAW *et al.*, 2008).

Existem também muitos mitos relacionados ao uso de plantas de cobertura que já foram desmistificados pela ciência. Por muito tempo, por exemplo, a diminuição do crescimento de plantas após a adição de material orgânico no solo foi relacionado com a mobilização de nitrogênio por microorganismos, sendo algo improvável em ambientes ricos em nitrogênio, como os agroecossistemas conduzidos sob plantio direto, podendo ser melhor explicado quando relacionado à liberação de fitotoxinas nos primeiros momentos de decomposição da fitomassa (BONANOMI *et al.*, 2006).

## **2.4. Alelopatia**

O termo alelopatia, cunhado por Hans Molisch, em 1937, em sua monografia sobre o efeito do etileno no crescimento de plantas, tem passado por várias definições desde então. Atualmente define-se alelopatia como o efeito de uma espécie de planta inibindo a germinação, crescimento ou desenvolvimento de qualquer espécie (pertencente a qualquer reino), em virtude da liberação de substâncias químicas no solo (PUTNAM e DUKE, 1978). Os compostos alelopáticos podem agir alterando a absorção de nutrientes, regulando o

crescimento, fotossíntese, respiração, permeabilidade da membrana celular, síntese protéica e atividade enzimática (TAIZ, 2004; FOMSGAARD *et al.*, 2004).

Grande parte das interações alelopáticas envolve substâncias do metabolismo secundário de plantas. Elas têm sua quantidade no solo determinada em função da origem da fitomassa e densidade das plantas, ao passo que a concentração e a solubilidade dependem do tipo de composto aleloquímico (WEIDENHAMER, 1996). A produção de aleloquímicos por plantas depende de um número grande de fatores, entre eles; genética, fertilidade do solo, densidade de plantas, idade e estágio metabólico, estiagem e exposição à luz (KOHLI *et al.*, 2006).

#### **2.4.1. Modos de ação de compostos alelopáticos**

O modo de ação dos químicos produzidos por plantas é pouco conhecido se comparado ao modo de ação de herbicidas sintéticos (DUKE e DAYAN, 2006). Além disso, a maior parte das pesquisas que resultam em artigos científicos com foco em fitoquímicos naturais refere-se a compostos de origem microbiana. No entanto, existem muitos compostos comerciais que possuem princípio ativo similar àqueles encontrados nas plantas, apresentando modo de ação semelhante e diferindo apenas nos efeitos que provocam em razão de diferenças de concentração no meio. Enquanto se espera que herbicidas sintéticos provoquem a morte das plantas quando aplicados, espera-se também que os compostos alelopáticos oriundos de culturas de cobertura, por estarem em concentrações menores, atuem diminuindo o crescimento e a capacidade reprodutiva das plantas espontâneas.

Os efeitos dos compostos alelopáticos, como os fenóis, por exemplo, vão desde alterações nas membranas das células da raiz, como fazem os herbicidas de contato (sistêmicos), até o estabelecimento de uma série de efeitos em cascata, como modificações nas membranas das células das raízes, que alteram a nutrição vegetal, evapotranspiração e fixação de energia (BLUM, 2006).

De forma semelhante aos herbicidas comerciais, como o paraquat, por exemplo, existem plantas que produzem compostos que atuam interceptando os elétrons do fotossistema I. Tais compostos interagem com o oxigênio molecular formando superóxidos, produzindo assim, um excesso de radicais livres capazes de destruir mecanismos de proteção da planta (membranas celulares). O fotossistema II pode ser inibido por influência tanto de herbicidas, derivados de triazinas, uréias e uracilas, como por compostos produzidos por plantas, tais como o sorgoleone, encontrado nas raízes de plantas da família Poaceae. Esses compostos, além de competir pelo sítio ativo da proteína D1 na plastoquinona, imobilizam-na, interrompendo o fluxo de elétrons oriundos da fotossíntese, causando clorose foliar e inibição de crescimento (COUTINHO *et al.*, 2005). A interrupção do fluxo de elétrons provoca morte celular, em virtude de estresse associado a moléculas de clorofila sobre-energizadas. Nessa fase, quanto mais intenso o fluxo de luz, mais agudo será o estresse.

Compostos alelopáticos também podem desencadear efeitos sobre a geração de óxidos, na respiração, na ATPase, nos inibidores mitóticos e na síntese protéica (DUKE e DAYAN, 2006). Plantas de cobertura de inverno, difundidas em sistemas de plantio direto no sul do Brasil apresentam produção de compostos capazes de controlar a presença de plantas espontâneas e insetos (Tabela 1).

Tabela 1. Efeitos de substâncias químicas produzidas por culturas de cobertura de inverno sobre outros organismos.

Efeito	Substância	Culturas de cobertura
Regulador de crescimento vegetal	Scopoletin	Aveia preta
Herbicidas, inseticidas e fungicidas	Ácidos Fenólicos e hidroxâmicos	Aveia preta, Centeio, Nabo e Azevém
Herbicida	Cianamida	Ervilhaca comum
Regulador de crescimento vegetal	2,4-D	Centeio

Fonte: SÁNCHEZ *et al.*, 2004; KOHLI *et al.*, 2006.

Além de identificação e testes com extratos em laboratório por alguns autores, Derpsch e Calegari (1992) destacam a capacidade de supressão de espontâneas por algumas espécies de culturas de cobertura, como ervilhaca e azevém, através de observações a campo.

Muitos microorganismos desempenham um papel importante na modificação da atividade de substâncias alelopáticas que irá atuar em vegetais superiores, sendo assim, capazes de transformar fitoquímicos no solo, especialmente fenóis (KOHLI *et al.* 2006). Os aleloquímicos transformados por microorganismos são geralmente não-específicos e inibem o crescimento de uma variedade grande de espécies anuais e perenes. Assim como as substâncias alelopáticas podem sofrer interferência de microorganismos, estes podem sofrer alterações positivas ou negativas em razão do contato com determinados compostos que podem gerar desequilíbrio tanto atividade desses organismos quanto na população (KOHLI *et al.*, 2006).

Procurando compreender o papel de substâncias alelopáticas, tem-se estudado o efeito supressivo de resíduos vegetais de plantas cultivadas em populações de plantas espontâneas específicas, encontrando-se evidências como a redução da fitomassa de plantas espontâneas. Anaya (1999) aponta efeitos de compostos alelopáticos que se estendem a populações de microorganismos patogênicos e pragas.

#### **2.4.2. Alelopatia em agroecossistemas**

Desde a década de 60, a alelopatia vem sendo reconhecida como relevante mecanismo ecológico e agrícola, com papel importante na sucessão, formação de comunidades e rendimento de culturas. O entendimento das possibilidades de utilização do efeito alelopático na agricultura permite identificar potencialidades de sua utilização dentro de uma estratégia no manejo de espécies espontâneas (WEINDENHAMER, 1996). Putnam e Duke (1978) sugerem estudos no uso de compostos alelopáticos para que se identifiquem substâncias

capazes de inibir a germinação de sementes e o crescimento de plantas ou ainda prevenir a produção de propágulos.

Os aleloquímicos podem ser utilizados em agroecossistemas, como inseticidas e estimulantes de crescimento, necessitando para isso que se elucidem relações ainda desconhecidas das comunicações químicas existentes entre os compostos e componentes do ecossistema (POPA, 2008). Apesar das inúmeras possibilidades da utilização da alelopatia na agricultura, Schenk *et al.* (1999) afirmam que um dos maiores desafios encontrados no estudo dessas interações está na dificuldade em quantificar os compostos e, simultaneamente, detectar sua fonte, seu destino e efeitos. Segundo Popa *et al.* (2008), o maior problema para a resolução deste desafio se concentra no fato que os compostos podem agir de forma diferente, de acordo com a espécie.

A alelopatia pode permitir a uma planta a exclusividade na exploração de determinado volume do solo, sendo o gasto energético para manter controle sob determinado volume menor do que para competir diretamente com outros organismos pelos recursos disponíveis nele (SCHENK *et al.*, 1999). Os compostos alelopáticos podem agir sobre as plantas que entram em contato com os mesmos, alterando a absorção de nutrientes, a regulação do crescimento, a fotossíntese, a respiração, a permeabilidade da membrana celular, a síntese protéica e a atividade enzimática (TAIZ, 2004). Além disto, Popa *et al.* (2008) sugerem que a alelopatia está associada, muitas vezes, à competição por recursos e ao estresse causado por doenças, à ocorrência de temperaturas extremas e ao déficit hídrico.

A inibição de espécies de plantas espontâneas é mais eficiente quando as substâncias químicas agem sobre as sementes das espontâneas do que quando entram em contato com plantas já estabelecidas (FOY e INDERJIT, 2001).

A utilização de associações benéficas de plantas pode, em virtude de relação alelopática, acabar por viabilizar indiretamente um aumento na produtividade de outra espécie (PUTNAM

e DUKE, 1978). Segundo Rice (1974), a dinâmica de liberação de substâncias tóxicas pode afetar a dinâmica de populações e, por consequência, toda a estrutura da comunidade de determinado ecossistema.

Uma vez que o potencial da alelopatia seja mostrado mediante técnicas ecológicas, o papel dos aleloquímicos precisa ser entendido no nível fisiológico e molecular das plantas (FOY eINDERJIT, 2001). O isolamento e a identificação de compostos alelopáticos podem induzir o descobrimento de substâncias úteis no controle de organismos por intermédio de substâncias com potencial de pesticida natural e reguladores de crescimento (PUTNAM e DUKE, 1978).

De maneira geral, os aleloquímicos podem se originar no solo de duas formas diferentes: a partir da decomposição de material vegetal e da transformação de compostos químicos no solo em compostos alelopáticos e também, através da liberação direta dos compostos pela planta, de forma ativa (MALHEIROS e PERES, 2001; BONANOMI *et al.*, 2006). A quantidade de compostos aleloquímicos no solo se dá em função da origem da fitomassa e densidade das plantas, bem como da concentração e solubilidade de um dado aleloquímico (WEIDENHAMER, 1996). Os aleloquímicos podem deixar o solo de maneiras diferentes, de acordo com suas características químicas e as propriedades do solo em que se encontram, podendo ocorrer por meio de lixiviação, processos químicos, degradação por microorganismos e absorção por plantas.

Condições de anaerobiose estão relacionadas a um aumento significativo no nível de toxicidade e à duração da toxicidade do composto alelopático (BONANOMI *et al.*, 2006). No entanto, nos estágios iniciais de decomposição, a dinâmica dos níveis de toxicidade é mais alta, tanto em condições aeróbicas quanto anaeróbias. O estudo em questão também determinou que a toxicidade de compostos presentes nas folhas costuma ser muito superior à toxicidade dos encontrados em raízes.

Raízes de determinadas plantas podem evitar volumes de solos afetados pela exsudação de compostos oriundos das raízes de outras (SCHENK *et al.*, 1999). Ainda se questiona se as substâncias alelopáticas são um produto final de rotas metabólicas ou se realmente são sintetizadas pelas plantas com um propósito específico (PUTNAM e DUKE, 1978).

Metabólicos secundários são componentes químicos de organismos que não estão envolvidos diretamente no crescimento, desenvolvimento e reprodução de organismos e, geralmente, são específicos de espécies. Atualmente, segundo Almeida (1988), conhece-se cerca de 10 mil metabólicos secundários, mas se supõe que o número de compostos existentes esteja acima dos 100 mil. Estes podem baixar a capacidade de sobrevivência e reprodução do organismo quando não estão presentes, pois são associados, geralmente, à defesa contra predadores, parasitas e doenças, na competição entre espécies e na facilitação de processos reprodutivos (WHITTACKER e FENNY, 1971; PUTNAM e DUKE, 1978). Além disto, os compostos possuem grande importância na pesquisa taxonômica em virtude de serem geralmente específicos.

A maior parte das interações aleloquímicas envolve diversas substâncias do metabolismo secundário, como fenilpropanos, acetogeninas, terpenóides, esteróides, alcalóides, cumarinas, flavonóides, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos (WHITTACKER e FENNY, 1971; PUTNAM e DUKE, 1978; SÁNCHEZ *et al.*, 2004; KOHLI *et al.*, 2006).

Além da identificação dos compostos capazes de inibir o estabelecimento e a proliferação de espontâneas, Putnam e Duke (1978) sugerem uma possível incorporação da característica alelopática em cultivares (mediante cruzamento), que seriam capazes, a partir de então, de produzir seus próprios herbicidas.

Estudos realizados por Bonanomi *et al.* (2006) indicam que a fitotoxicidade de biomassa vegetal varia de acordo com o grupo funcional das plantas, podendo-se estabelecer, de



maneira geral, a seguinte ordem de fitotoxicidade: fixadoras de nitrogênio > herbáceas (dicotiledôneas) = lenhosas >> gramíneas.

### **2.4.3. Uso dos aleloquímicos como herbicidas naturais**

Popa *et al.* (2008) propõem o uso do conhecimento dos compostos aleloquímicos na melhoria da produção de culturas agrícolas e no seu desenvolvimento e, a partir desta utilização, a implementação de sistemas agrícolas mais sustentáveis, incluindo aí o controle de espontâneas e pragas através da rotação de culturas, além de manejo dos resíduos vegetais e adoção de outras práticas de controle biológico.

Para utilizar-se a alelopatia em agroecossistemas é necessário compreender o ciclo das culturas agrícolas e seu período de susceptibilidade à competição, bem como as espécies que ocorrerão na época de cultivo e aquelas que podem ser utilizadas para controlar seu crescimento e desenvolvimento. Após a emergência dos cultivos, é importante que não haja competição intensa por recursos durante o primeiro terço do ciclo produtivo de plantas de ciclo anual. Depois do período crítico de competição, a convivência da cultura anual com as espontâneas não traz prejuízo ao produtor e qualquer tipo de controle torna-se oneroso.

As plantas podem liberar os compostos de várias formas, mediante diferentes estruturas, sendo folhas e raízes seus principais veículos (BONANOMI *et al.*, 2006). Quando o tecido vegetal entra em contato com o solo, ocorre a degradação da parede celular e a liberação dos aleloquímicos, tornando possível a solubilização e dando mobilidade ao composto para que entre em contato com outras plantas.

A maior parte dos compostos alelopáticos possui uma meia vida curta depois de liberados no solo. Geralmente eles permanecem menos de 48 horas com a mesma estrutura depois que a parede celular é rompida e o composto liberado no meio, em virtude da instabilidade do composto frente a fatores físicos, químicos e fenômenos climáticos. Uma das formas

eficientes para supressão das espontâneas é a não incorporação da cobertura vegetal no solo (KOHLI *et al.*, 2006), pois a incorporação faz com que os aleloquímicos sejam diluídos, oxidados e levados a um volume de solo em que o banco de sementes de espontâneas não é afetado. As substâncias liberadas na superfície do solo, a partir da decomposição de resíduos vegetais, geralmente possuem condições para alterar a germinação de sementes ou o desenvolvimento de organismos que se encontrem próximos à superfície.

Quando da semeadura mecânica, em que as sementes são enterradas no solo, quase todas as espécies de grãos permanecem fora da zona de alta concentração de compostos alelopáticos. É justamente nos primeiros cinco centímetros de solo que as substâncias alelopáticas encontram-se mais ativas e concentradas. Esta também é a faixa de maior concentração de sementes de plantas espontâneas com condições de germinação. Mesmo sabendo do benefício que o uso de plantas com efeito alelopático pode apresentar no controle de espécies de plantas indesejadas é preciso levar em conta outros aspectos para que o sistema permaneça equilibrado. O uso da alelopatia não pode ser uma estratégia isolada, é necessário, também, utilizar a rotação de culturas, manter o solo coberto entre os cultivos e procurar diversificar a produção (SÁNCHEZ *et al.*, 2004).

Pesquisas vêm sendo direcionadas para melhoramento de plantas com potencial alelopático a fim de selecionar e potencializar variedades. Com as pesquisas desenvolvidas acredita-se que logo será possível optar por culturas de cobertura específicas capazes de suprimir a ocorrência de determinadas plantas espontâneas que acarretem dano econômico a culturas comerciais. No entanto, o controle de espontâneas pelo uso de culturas de cobertura com potencial alelopático é apenas um dos pontos positivos dos quais os agricultores podem se beneficiar por utilizar o sistema de plantio direto (LANA, 2007).

Para a aplicação do conhecimento oriundo de pesquisas e observações é necessária a realização de experimentos que avaliem a viabilidade técnica e econômica na execução de

plantio direto sem a utilização de herbicida, assegurando a viabilidade de adoção do sistema por parte dos agricultores. Para isto, deve-se observar tanto aspectos físicos ligados à capacidade de cobertura do solo e persistência dos resíduos vegetais quanto à capacidade de supressão das plantas espontâneas presentes em regiões de condições climáticas específicas, além do rendimento da cultura.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Gerais**

- Avaliar o efeito de culturas de cobertura de inverno sobre a supressão de espontâneas de verão e sobre o rendimento do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

#### **3.2. Específicos**

- Identificar as espécies ou associações utilizadas como culturas de cobertura que melhor exercem cobertura do solo;

- Quantificar a produção de fitomassa de culturas de cobertura de inverno e de espontâneas de verão;

- Avaliar aspectos econômicos do uso de culturas de cobertura.

## 4. METODOLOGIA

O experimento a campo foi conduzido, entre maio de 2006 e março de 2007, em área experimental da EPAGRI de Campos Novos, SC, 27°23'24" Sul, 51°12'58" Oeste, a cerca de 940 metros de altitude (Figura 1). A área total utilizada para o experimento foi de 945m<sup>2</sup>, em um arranjo experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

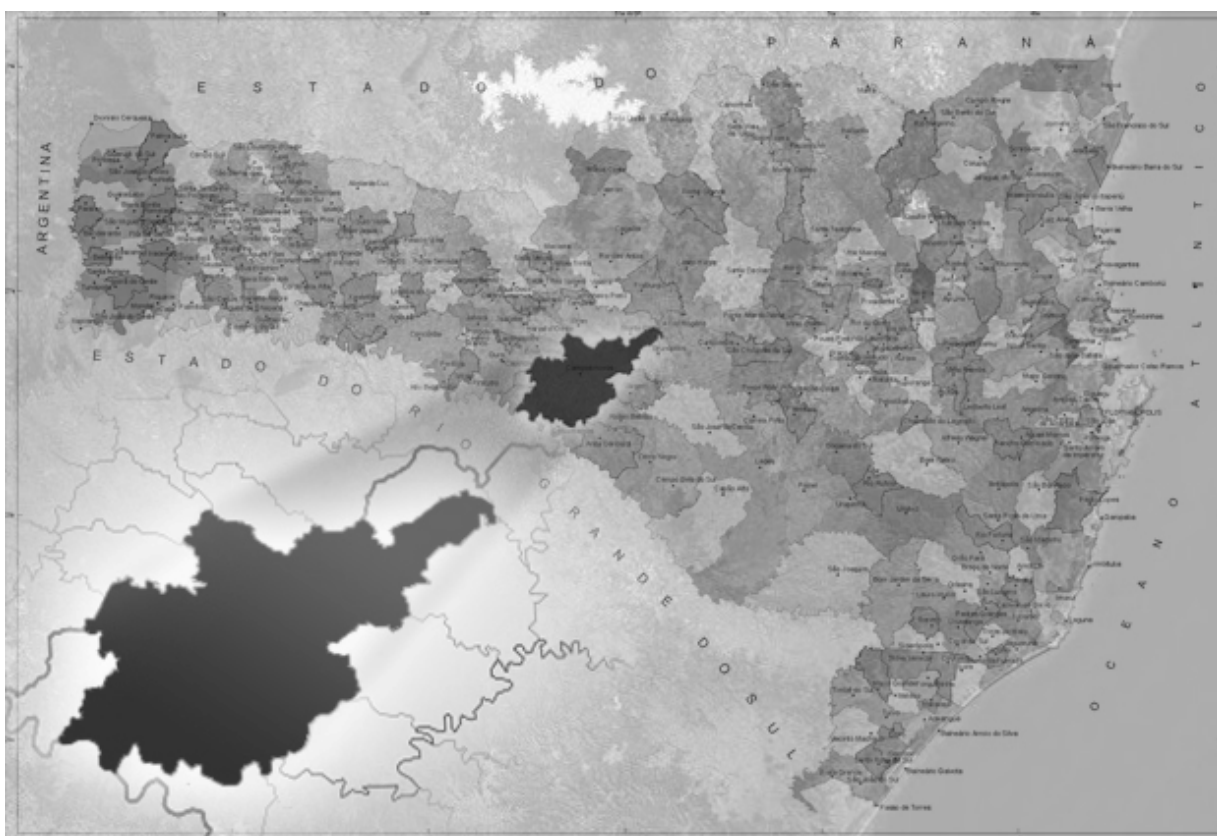


Figura 1. Mapa do Estado de Santa Catarina com destaque para o município de Campos Novos e região.

A área utilizada para o experimento apresenta em seu histórico oito anos de manejo orgânico e dois de plantio direto sem a utilização de herbicidas. A análise química do solo encontra-se no anexo I.

Cada unidade experimental consistiu em uma área de 5 m x 5 m, com meio metro de bordadura entre as unidades experimentais em cada um dos lados, totalizando uma área útil de 16 m<sup>2</sup>. Cada bloco, por sua vez, teve a dimensão de 15 m x 15 m (Figura 2).

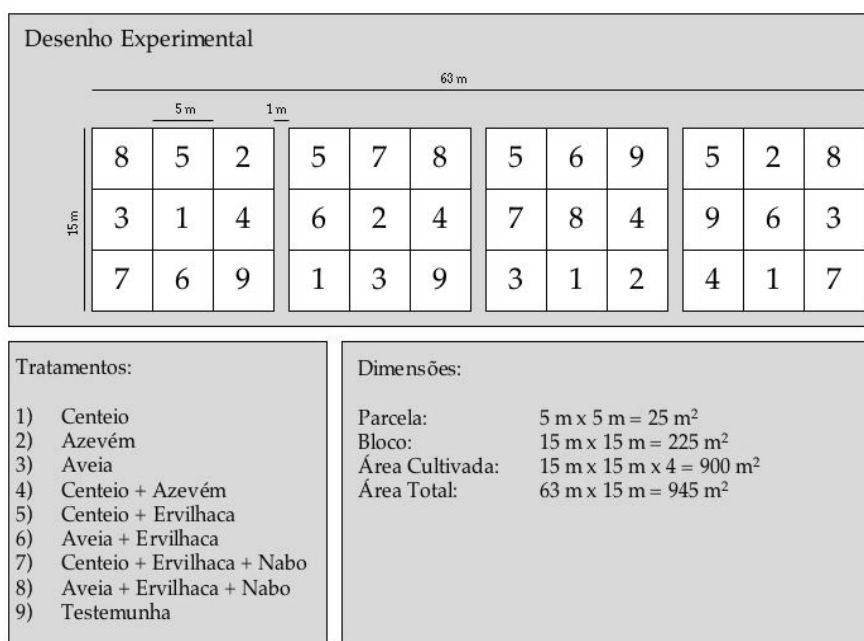


Figura 2. Croqui do experimento realizado a campo.

No mês de maio do ano de 2006, inverno anterior ao plantio de verão, as culturas de cobertura foram semeadas a lanço, constituindo-se os tratamentos com as quantidades de sementes recomendadas por Monegat (1991):

- Centeio (*Secale cereale*): 90 kg ha<sup>-1</sup>;
- Azevém (*Lolium multiflorum*): 45 kg ha<sup>-1</sup>;
- Aveia Preta (*Avena strigosa*): 60 kg ha<sup>-1</sup>;
- Azevém (*Lolium multiflorum*) + Centeio (*Secale cereale*): 27,5 kg ha<sup>-1</sup> + 45 kg ha<sup>-1</sup>;
- Centeio (*Secale cereale*) + Ervilhaca (*Vicia sativa*): 45 kg ha<sup>-1</sup> + 57 kg ha<sup>-1</sup>;
- Aveia preta (*Avena strigosa*) + Ervilhaca (*Vicia sativa*): 30 kg ha<sup>-1</sup> + 57 kg ha<sup>-1</sup>;
- Centeio (*Secale cereale*) + Ervilhaca (*Vicia sativa*) + Nabo (*Raphanus sativus*): 30 kg ha<sup>-1</sup> + 34,7 kg ha<sup>-1</sup> + 8,7 kg ha<sup>-1</sup>;
- Aveia preta (*Avena strigosa*) + Ervilhaca (*Vicia sativa*) + Nabo (*Raphanus sativus*): 20 kg ha<sup>-1</sup> + 34,7 kg ha<sup>-1</sup> + 8,7 kg ha<sup>-1</sup>;
- No tratamento testemunha foi realizado pousio de inverno.

Em virtude da área experimental ser destinada a experimentos para agricultura de base ecológica, não foi possível estabelecer um tratamento com utilização de herbicidas e adubos sintéticos.

As espécies vegetais e suas combinações utilizadas no experimento, como culturas de cobertura de inverno, foram escolhidas de acordo com o uso, pelas famílias de agricultores da região do município de Campos Novos. Não foi realizado nenhum tipo de adubação, irrigação ou trato cultural nas culturas de cobertura de inverno até que atingissem o ponto de rolagem no mês de novembro de 2006, quando a última espécie iniciou a floração.

Após a rolagem das plantas de cobertura de inverno e antes do plantio, foi realizada a adubação para o cultivo de feijão com a aplicação a lanço de 5 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de suínos sobreposta, equivalendo uma aplicação aproximada de nitrogênio de 53 kg ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi realizada com auxílio de uma plantadeira de plantio direto de três linhas (Figura 3), tracionada por trator, duas semanas após a rolagem das culturas de cobertura, com espaçamento entre fileiras de 30 cm e densidade de 250 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

A avaliação da cobertura do solo pelas culturas de cobertura de inverno foi realizada em uma transecta diagonal, com 12 observações por parcela, sendo a primeira efetuada 60 dias após a semeadura e a segunda, a 120 dias. A cada 40 cm na trena era realizada uma observação ortogonal e verificava-se a presença ou ausência de cobertura vegetal sobre aquele ponto.

A produção de fitomassa de culturas de cobertura de inverno foi avaliada por meio de uma coleta composta de duas subamostras por



Figura 3. Semeadura do feijão com plantadeira de plantio direto.

parcela, realizada um dia antes da rolagem das culturas de cobertura no mês de novembro de 2006. Cada amostra foi composta pela parte aérea de todas as plantas que se encontravam dentro do quadrado (0,5 m x 0,5 m) lançado aleatoriamente na parcela.

A fitomassa de espontâneas de verão foi monitorada através de três amostragens: 14, 21 e 28 dias após a emergência (DAE) do feijão. Cada amostra foi composta pela parte aérea de todas as plantas espontâneas que se encontravam dentro do quadrado (0,5 m x 0,5 m) lançado aleatoriamente na parcela. A posição do quadrado era demarcada para evitar que as amostragens posteriores fossem realizadas em áreas previamente amostradas.

As sementes de feijão utilizadas no experimento foram da cultivar Guará, desenvolvidas e fornecidas pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.) e muito adaptadas às condições de cultivo da região em que o trabalho foi realizado. O plantio foi realizado na primeira safra. Segundo Andrade *et al.* (1999), essa época de plantio é a que apresenta o maior potencial de competição entre espontâneas e o feijão, em virtude das condições climáticas.

A colheita do feijão foi realizada manualmente, no estágio de maturação e colheita. A amostragem foi realizada através da colheita de quatro amostras por repetição. Cada amostra continha todas as vagens produzidas pelas plantas de feijão dentro de um metro linear de linha de plantio, escolhidos aleatoriamente e sempre distantes, pelo menos, 0,5 m dos limites da parcela, a fim de evitar efeito de bordadura. O feijão foi seco, trilhado e pesado em balanças de precisão (g) no Laboratório de Água, Solos e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina.

O método de delineamento para aferição dos efeitos das plantas espontâneas sobre o rendimento de grãos do cultivo de feijão foi do tipo aditivo convencional, que utiliza o banco de sementes pré-existente no campo experimental e avalia o efeito da população de espontâneas como um todo sobre o rendimento da cultura (PASSINI, 2001).



A análise estatística utilizada verificou presença de efeito de bloco antes de submeter os dados coletados à análise de variância (ANOVA). As médias foram separadas e comparadas pelo teste DMS de Fischer com probabilidade de 5%, a mesma probabilidade utilizada para o teste de correlação, utilizando-se o Programa Estatístico Computacional Statistica 7<sup>©</sup>.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Cobertura do solo no inverno

No inverno, quando as culturas de cobertura já haviam sido implantadas, foram realizadas duas observações da cobertura do solo, a fim de avaliar os tratamentos quanto à porcentagem de cobertura do solo. A eficiência de cobertura do solo em porcentagem na primeira coleta variou entre os tratamentos (Figura 4).

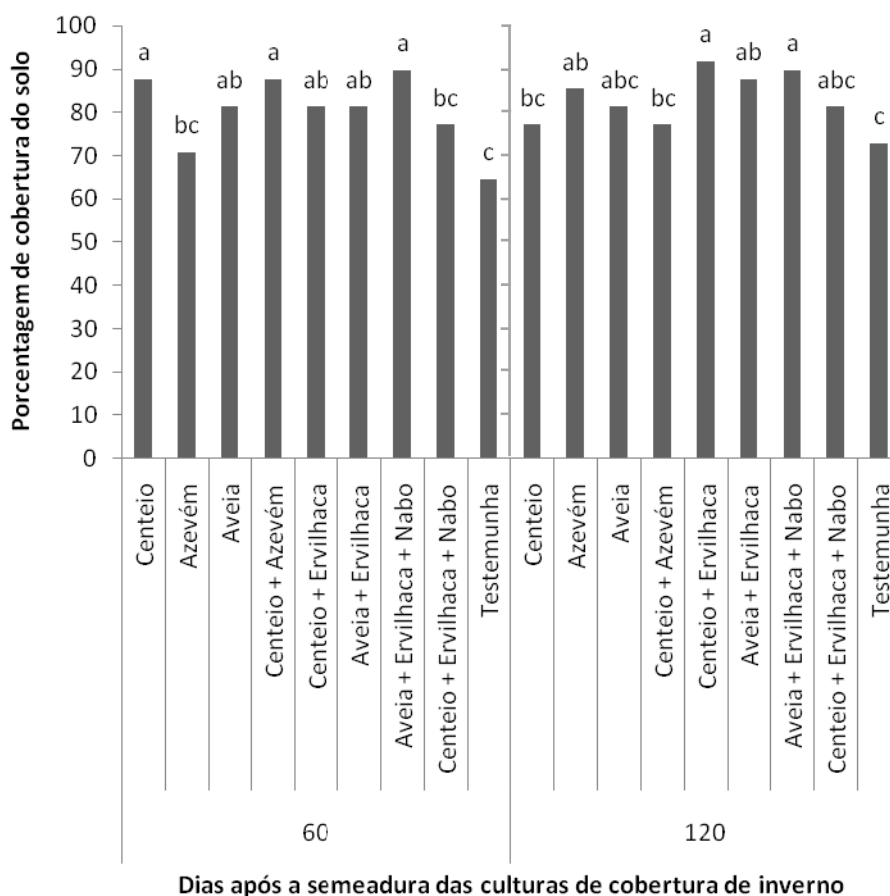


Figura 4. Porcentagem de cobertura de solo por culturas de cobertura de inverno a 60 e 120 dias após a semeadura das culturas de cobertura. Colunas seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ( $p \leq 0.05$ ).

Os maiores percentuais de cobertura do solo foram observados nos tratamentos Centeio, Aveia, Centeio + Azevém, Centeio + Ervilhaca, Aveia + Ervilhaca e Aveia + Ervilhaca + Nabo, seguidos pelos tratamentos Azevém e Centeio + Ervilhaca + Nabo, que apresentaram

porcentagem de cobertura intermediária. Os melhores tratamentos para a cobertura do solo, nesta data, estão associados à presença de espécies de ciclo mais curto, como Centeio e Nabo, que levam respectivamente 100-120 e 70-80 dias para atingir plena floração (CALEGARI *et al.*, 1993).

Na segunda coleta, realizada um dia antes da rolagem das culturas de cobertura de inverno, os tratamentos Azevém, Aveia, Centeio + Ervilhaca, Aveia + Ervilhaca, Centeio + Ervilhaca + Nabo e Aveia + Ervilhaca + Nabo tiveram o melhor desempenho de cobertura do solo. Os tratamentos Centeio e Centeio + Azevém obtiveram porcentagem de cobertura intermediária, nesta data, não diferindo significamente da Testemunha. Azevém e Ervilhaca possuem um período de crescimento mais longo, respectivamente 130-170 e 120-170 dias até a plena floração (CALEGARI *et al.*, 1993), e por isso apresentaram melhoras na cobertura do solo, com exceção do tratamento Centeio + Azevém. No tratamento Centeio + Azevém, o Centeio ocupou mais rapidamente a área, suprimindo o crescimento do Azevém e impedindo que este não conseguisse aumentar a cobertura do solo como quando cultivado em monocultivo.

Observa-se uma evolução positiva na porcentagem de cobertura do solo entre as duas avaliações nos tratamentos Azevém, Centeio + Ervilhaca e Aveia + Ervilhaca + Nabo. O tratamento Azevém em monocultivo melhorou seu desempenho na segunda observação, por apresentar um ciclo mais longo. Já nos tratamentos Centeio + Ervilhaca e Aveia + Ervilhaca + Nabo, a Ervilhaca foi o integrante responsável pelo aumento da cobertura do solo, pois possui um crescimento mais vigoroso no período em que as gramíneas estão entrando em senescência, resultando em um efeito aditivo.

Nos tratamentos Centeio e Centeio + Azevém houve uma redução na porcentagem de cobertura de solo, que no primeiro caso pode ser atribuído ao ciclo curto do centeio, quando comparado a outras espécies utilizadas no experimento. Já no segundo tratamento, a

competição interespecífica fez com que as duas espécies não conseguissem atingir juntas as porcentagens de cobertura do solo que atingiram em monocultivo.

A diminuição da eficiência de cobertura do solo pelo tratamento Centeio ocorreu em virtude do seu ciclo curto e por apresentar a arquitetura mais ereta entre as espécies utilizadas. No tratamento Centeio + Azevém, também ocorreu uma diminuição na cobertura do solo, e pode-se atribuir isto a um crescimento mais rápido do centeio em relação ao azevém, não permitindo que este último se estabelecesse devido à competição.

Os tratamentos Aveia e Centeio + Ervilhaca + Nabo apresentaram porcentagens de cobertura do solo constantes nos dois períodos. O tratamento Aveia ficou constante em razão do seu ciclo de crescimento, que terminou próximo da primeira observação. Já no tratamento Centeio + Ervilhaca + Nabo, o crescimento da ervilhaca sobre a estrutura deixada pelo Nabo, que terminou seu ciclo antes, fez com que a perda de cobertura em virtude da degradação do Centeio fosse compensada. Essa compensação se deve ao fato de que as espécies iniciaram e terminaram seus ciclos em momentos diferentes e, por isso, não competiram no estágio inicial.

A Ervilhaca desempenhou um papel importante na cobertura do solo, mantendo e, por vezes, melhorando a porcentagem de cobertura do solo, nos tratamentos que continham espécies de ciclo mais curto, como Centeio, Aveia e Nabo, nos tratamentos Centeio + Ervilhaca, Aveia + Ervilhaca e Aveia + Ervilhaca + Nabo.

## **5.2. Produção de fitomassa das plantas de cobertura de inverno**

A produção de fitomassa das culturas de cobertura de inverno foi bastante diferente, sendo possível distinguir os tratamentos em três grupos (Figura 5). O primeiro grupo de tratamentos, que produziu a maior quantidade de fitomassa foi composto por Centeio, Centeio + Azevém, Centeio + Ervilhaca, Aveia + Ervilhaca + Nabo e Centeio + Ervilhaca + Nabo. O grupo

intermediário na produção de fitomassa total foram Aveia e Aveia + Ervilhaca. O destaque negativo na produção de fitomassa de inverno foi o tratamento Azevém, que produziu  $\frac{1}{3}$  menos que Centeio + Ervilhaca + Nabo.

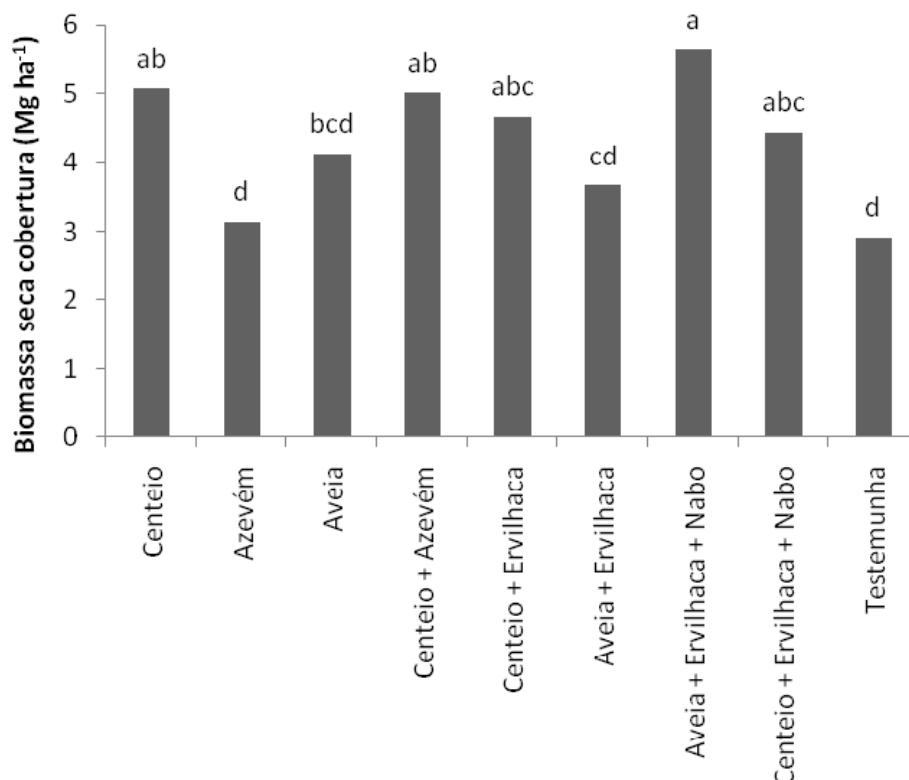


Figura 5. Massa seca das culturas de cobertura de inverno no momento da rolagem. Colunas seguidas de mesma letra não diferem significativamente segundo o teste DMS de Fisher ( $p \leq 0.05$ ).

O componente Centeio foi muito importante para assegurar grande produção de fitomassa, tanto em monocultivo quanto em consorciação, garantindo que todas as combinações em que estivesse presente ficassem no primeiro grupo de produção. Além disto, o centeio apresenta uma relação C:N alta, por se tratar de uma gramínea, o que lhe confere uma das maiores persistências de fitomassa de cobertura do solo ao longo do tempo. Ele é muito importante na combinação com leguminosas que possuem relação C:N baixa e tendem a apresentar pouca resiliência, ou seja, produzem fitomassa que não permanece muito sobre o solo ao longo do tempo (LANA, 2007).

A componente Ervilhaca também foi responsável pela grande produção de fitomassa nas combinações em que esteve presente. O ciclo da Ervilhaca é mais longo do que o das demais espécies, o que propicia um crescimento mais vigoroso no período posterior, em que Azevém, Centeio, Aveia e Nabo estão entrando nas fases finais de seus respectivos ciclos.

A combinação com gramíneas de ciclo curto foi muito benéfica para o crescimento da Ervilhaca porque, além de evitar competição em períodos críticos de crescimento, ela se utilizou da estrutura senescente daquelas espécies como suporte para o seu crescimento (Figura 6).



Figura 6. Ervilhaca se afixando na estrutura deixada pelo centeio, com o auxílio de gavinhas.

Apesar das coberturas com Centeio + Ervilhaca e Aveia + Ervilhaca incluírem duas espécies de gramíneas em suas composições, além da Ervilhaca, estes diferiram significativamente entre si na produção de fitomassa de cobertura, com o valor desta diferença chegando a aproximadamente  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Esta diferença é explicada pela maior produção de fitomassa do Centeio quando comparado com a Aveia e pela estrutura deixada pelo Centeio

que beneficiou o crescimento da Ervilhaca. O Centeio possui ciclo mais curto que a Ervilhaca, sendo que, no período em que ele entra em senescência, a Ervilhaca se encontra ainda em crescimento vegetativo, e se beneficia da estrutura deixada por ele pelo seu hábito de crescimento e caule trepadores que atingem até um metro de comprimento (CALEGARI *et al.*, 1993).

As coberturas com Azevém e Aveia apresentaram pouca produção de fitomassa em monocultivos, mostrando o importante efeito aditivo de outras espécies quando consorciados para a ampliação da produção de fitomassa. Nesse caso, a associação de duas espécies provoca uma interação interespecífica, implicando em vantagens para uma ou ambas, complementando-se na utilização da água, dos nutrientes do solo, da luz e na ocupação do espaço físico (FARIA, 1980).

O Azevém apresentou uma baixa produção de fitomassa, que contrasta com a sua boa capacidade de cobertura do solo. A eficiente porcentagem de cobertura do solo do Azevém, que difere quando comparado com a sua produção de fitomassa ocorre, sobretudo, em virtude de sua estrutura e pode ser relacionado, também, ao seu hábito cespitoso, que acarreta a formação de touceiras com grande número de perfilhos de tamanho reduzido.

### **5.3. Produção de fitomassa de plantas espontâneas de verão**

A fitomassa de plantas espontâneas de verão foi avaliada em três períodos distintos. A primeira observação foi realizada 14 dias após a emergência (DAE) do feijão, a segunda 21 DAE e a terceira 28 DAE, ou seja, no período crítico de competição da cultura do feijão (COBUCCI *et al.*, 1996).

Os dados de produção de fitomassa total de plantas espontâneas obtidos 14 DAE do feijão diferem significativamente apenas entre os tratamentos Centeio + Ervilhaca e Azevém e Testemunha. A Testemunha apenas não se diferenciou da cobertura com Azevém,

apresentando as maiores produções de fitomassa total de espontâneas, com 1,22 e 0,97 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Massa da fitomassa seca total de espontâneas (Mg ha<sup>-1</sup>) 14 dias após a emergência (DAE) do feijão, 21 DAE e 28 DAE do feijão, após diferentes culturas de cobertura de inverno.

Cobertura de inverno	Dias após emergência feijão		
	14	21	28
CENTEIO	0,63 ab	1,35 ab	1,47 a
AZEVÉM	0,97 bc	1,34 ab	1,43 a
AVEIA	0,51 ab	1,10 ab	1,46 a
CENTEIO + AZEVÉM	0,63 ab	1,12 ab	1,67 ab
CENTEIO + ERVILHACA	0,44 a	0,96 a	1,47 a
AVEIA + ERVILHACA	0,56 ab	1,29 ab	1,64 ab
AVEIA + ERVILHACA + NABO	0,66 abc	1,50 abc	1,92 abc
CENTEIO + ERVILHACA + NABO	0,78 ab	1,75 bc	2,36 bc
TESTEMUNHA	1,12 c	2,09 c	2,62 c

Valores seguidos de mesma letra em cada coluna não diferem significativamente entre si pelo teste DMS de Fisher ( $p \leq 0.05$ ).

Na segunda observação, 21 DAE do feijão, os tratamentos Centeio + Ervilhaca + Nabo e Testemunha obtiveram uma grande produção de fitomassa total de plantas espontâneas, chegando a ser mais que o dobro da produção de fitomassa do tratamento Centeio + Ervilhaca, que obteve a maior supressão de espontâneas. Os tratamentos Aveia + Ervilhaca + Nabo, Centeio + Ervilhaca + Nabo e Testemunha não diferiram significativamente entre si. No entanto, o tratamento Aveia + Ervilhaca + Nabo também não diferiu do melhor tratamento (Centeio + Ervilhaca) para o controle de fitomassa total de espontâneas na segunda coleta. O menor aumento na produção de fitomassa, entre a primeira e a segunda observação, foi na cobertura com Azevém, 1,4 vezes, contrastando com um aumento de 2,2 vezes na cobertura com Aveia + Ervilhaca + Nabo e 1,9 vezes na Testemunha.

Na terceira coleta, as coberturas tiveram desempenho igual ao da segunda observação. No entanto, observa-se que as coberturas com Centeio e Azevém tiveram um acréscimo na fitomassa total de plantas espontâneas muito menor que o incremento nas demais coberturas



entre 21 e 28 DAE do feijão. Ao passo que estas duas coberturas tiveram valores 1,1 vezes superiores a primeira observação, os demais tratamentos chegaram a atingir valores até 1,5 vezes maiores nos tratamentos Centeio + Azevém e Centeio + Ervilhaca.

Levando-se em consideração as três avaliações, as coberturas com Centeio + Ervilhaca e Aveia mostraram controle diferenciado, proporcionado as menores produções de fitomassa de espontâneas de verão em todos os períodos. A fitomassa presente a 14 DAE e a 28 DAE do feijão foi menor na cobertura com Azevém, com um valor a 28 DAE feijão, apenas 1,4 vezes superior à primeira observação, que contrasta muito dos demais, que tiveram produções de fitomassa de espontâneas até 3,3 vezes superiores à primeira avaliação, como no tratamento Centeio + Ervilhaca.

Apesar de Lana (2007) ter constatado correlação positiva entre produção de fitomassa e supressão de plantas espontâneas, o Azevém controlou tão bem as espontâneas quanto as melhores combinações de espécies. Não foi observada diferença significativa dos demais, com exceção da Testemunha e da cobertura com Aveia + Ervilhaca + Nabo. Produção de fitomassa de culturas de cobertura de inverno e fitomassa de espontâneas de verão não apresentaram correlação ( $p \leq 0.05$ ), ou seja, a quantidade de massa produzida pelas culturas de cobertura de inverno não foi determinante na supressão das espontâneas de verão. A supressão de plantas espontâneas de verão pode ser mais bem relacionada com a espécie de cobertura de inverno utilizada do que com a produção de fitomassa.

As espécies de plantas espontâneas que apresentaram maior frequência e produção de fitomassa foram, em ordem crescente, capim-papuã (*Brachiaria plantaginea*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), picão-preto (*Bidens pilosa*) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla*). A produção de fitomassa dessas quatro diferentes espécies e de outras espontâneas (trevo, dente-de-leão, guanxuma, ervilhaca e nabo) está representada na Figura 7.

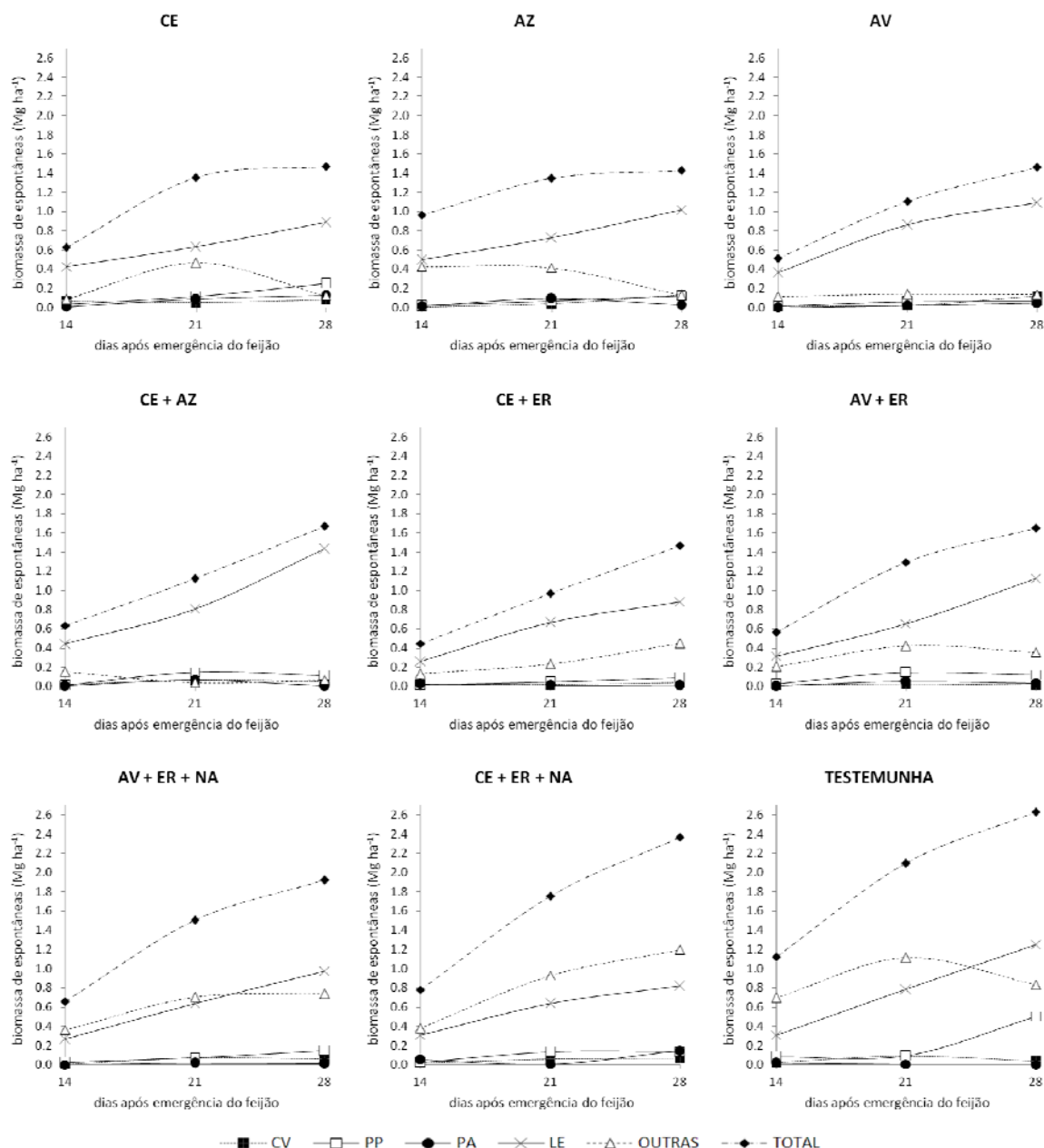


Figura 7. Massa do peso seco de espontâneas de verão (Mg ha<sup>-1</sup>) nas diferentes culturas de cobertura de inverno sete dias após a emergência (DAE) do feijão, 14 DAE e 21 DAE. Culturas de cobertura: AV – aveia; AZ – azevém; CE – centeio; ER – ervilhaca; NA – nabo-forrageiro. Espontâneas: CV – corda-de-viola; PP – picão-preto; PA – capim-papuã; LE – leiteiro; OUTRAS – demais espontâneas.

Na primeira observação, na maior parte das coberturas o leiteiro foi responsável por aproximadamente 50% da fitomassa total de espontâneas, atingindo valores maiores nas coberturas com Centeio, Centeio + Azevém e Azevém, sendo 1,6, 1,7 e 1,9 vezes maiores que a cobertura com Centeio + Ervilhaca, que apresentou a menor fitomassa de leiteiro. Outras plantas espontâneas foram mais frequentes que o leiteiro na Testemunha, apresentando

produção de fitomassa 7,9 vezes maior que a fitomassa de outras espécies na cobertura com Centeio, em que foi observada a menor produção de fitomassa destas. Corda-de-viola, capim-papuã e picão-preto não apresentaram valores de produção de fitomassa que influenciassem o total de fitomassa de espontâneas na primeira observação.

Na segunda observação, 21 DAE do feijão, o leiteiro e outras plantas espontâneas continuaram a apresentar os maiores valores de fitomassa de plantas espontâneas entre as coberturas. Nos tratamentos em que foram observadas as maiores produções de fitomassa total de espontâneas, Centeio + Ervilhaca + Nabo e Testemunha, as demais plantas espontâneas produziram 1,7 vezes mais fitomassa que o leiteiro. A cobertura com Centeio + Azevém foi a que apresentou a menor produção de fitomassa de outras espontâneas na segunda semana, com um valor 3,9 vezes menor que o valor observado na primeira semana. A cobertura com Azevém foi a única que acompanhou Centeio + Azevém na redução da fitomassa de outras espécies de plantas espontâneas, entre a primeira e a segunda semana. As demais coberturas apresentaram valor de fitomassa de outras espécies maior que o da primeira observação.

Na terceira semana, 28 DAE do feijão, as coberturas com Centeio + Azevém, Testemunha e Aveia + Ervilhaca apresentaram grande produção de fitomassa de leiteiro quando comparados às demais coberturas. A fitomassa de leiteiro no tratamento Centeio + Azevém foi 1,7 vezes maior que a fitomassa de leiteiro na cobertura com Centeio + Ervilhaca + Nabo, em que foi observada a menor fitomassa de leiteiro. Nas coberturas com Centeio e Azevém, a fitomassa de outras espécies de plantas espontâneas na terceira semana foi, respectivamente, 3,7 e 3,2 vezes menor que a fitomassa na segunda semana. A diminuição da fitomassa de outras espécies ocasionou um aumento muito expressivo na fitomassa do leiteiro. Essa dinâmica foi oposta à observada no tratamento Centeio + Ervilhaca. Na Testemunha, o aumento da fitomassa total de espontâneas, na terceira observação, é decorrente do aumento

na proporção de picão-preto, fato que só ocorreu de forma expressiva nesse tratamento. Isto permite atribuir que a presença de qualquer cultura de cobertura de inverno testada apresenta forte efeito supressivo sobre essa espécie. Nos demais tratamentos, foram observadas convergências à estabilização da produção de fitomassa das outras plantas espontâneas.

Entre a primeira e a terceira semana de observação, os tratamentos com menor incremento de fitomassa de leiteiro foram Centeio e Azevém, com a fitomassa, na terceira semana, apenas 2,0 vezes maior que o da primeira. Já o tratamento testemunha foi o que apresentou maior incremento da fitomassa dos 14 aos 28 DAE do feijão, com um aumento de 4,0 vezes o valor observado no início. Também entre a primeira e terceira semana, apenas os tratamentos Azevém e Centeio + Azevém apresentaram redução na fitomassa de outras plantas espontâneas, sendo a fitomassa da terceira semana 3,4 e 2,2 vezes inferior à fitomassa da primeira, respectivamente. Na cobertura com Centeio + Ervilhaca, foi observado o maior incremento de fitomassa de outras espécies de plantas espontâneas entre a primeira e a terceira semana, sendo o valor da última 3,5 vezes maior que o da primeira.

#### **5.4. Rendimento de feijão**

A cobertura com Azevém promoveu o maior rendimento de grão de feijão, diferenciando-se significativamente das coberturas com Aveia + Ervilhaca + Nabo e Testemunha (Figura 8). Coberturas com Aveia e Centeio + Ervilhaca apresentaram rendimentos similares entre si, e mesmo sem diferir significativamente de Centeio, Centeio + Azevém, Aveia + Ervilhaca e Centeio + Ervilhaca + Nabo obtiveram rendimentos 1,2 a 1,3 vezes superiores.

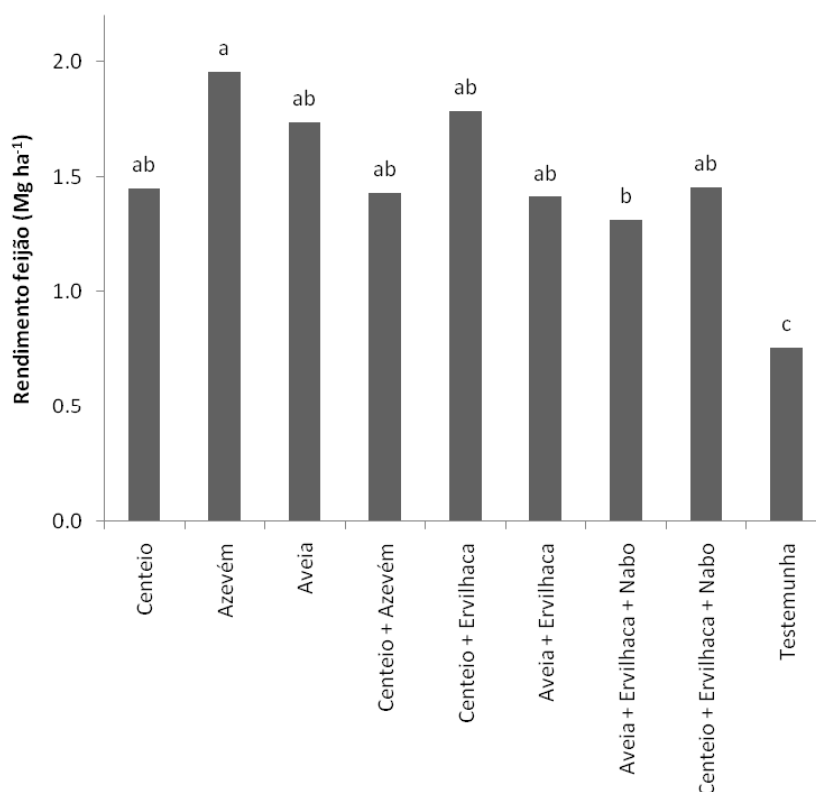


Figura 8. Rendimento do feijão (Mg ha<sup>-1</sup>) nos diferentes tratamentos com culturas de cobertura de inverno.

O rendimento de grãos de feijão e a fitomassa de espontâneas apresentaram correlação negativa (-0,42), indicando que 42% dos valores de rendimento e fitomassa acompanham uma disposição linear, em direção oposta.

O componente ervilhaca colaborou na redução da fitomassa de espontâneas de verão, mas não foi determinante na produtividade. Talvez isto possa ser explicado pela fertilização realizada (com um teor alto de nitrogênio), que não tornou o nitrogênio um fator limitante para o rendimento da cultura. Como a ervilhaca pode fixar nitrogênio através da associação com bactérias quando não há muita disponibilidade deste nutriente no solo, possivelmente o desempenho em produtividade da cultura seria beneficiado nos tratamentos em que a ervilhaca fez parte se não houvesse fertilização rica em nitrogênio.

Ficou evidente o efeito das coberturas de inverno sobre o rendimento de grãos de feijão em todos os tratamentos, levando-se em conta o rendimento da testemunha. O maior rendimento foi obtido pela cobertura com Azevém ( $1,95 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), com um valor 2,5 vezes superior a Testemunha. Mesmo o pior rendimento obtido na cobertura com Centeio + Ervilhaca + Nabo ( $1,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) foi 1,7 vezes superior ao rendimento obtido na Testemunha.

#### **5.4.1. Custo-benefício das coberturas de inverno**

Utilizando-se os valores de rendimentos de grãos da cultura do feijão nas diferentes culturas de cobertura e os valores gastos com sementes de plantas de cobertura de inverno, é possível fazer uma análise de investimento pelo uso do valor pago por saca de feijão (60 kg) no mercado de Santa Catarina (EPAGRI/CEPA, 2007) para o produtor. Assim, determinou-se o valor monetário unitário de retorno de investimento. Como não há distinção no mercado para a cotação de preços para feijão orgânico e convencional, o feijão, mesmo que produzido sem a utilização de agrotóxicos apresenta o mesmo retorno econômico do convencional.

O menor custo com cobertura e a maior receita com a cultura do feijão foram obtidos na cobertura com azevém em monocultivo, em que este obteve o maior retorno por unidade investida e, por consequência, a maior diferença de renda em relação à Testemunha, como pode ser visto na Tabela 3. Valores semelhantes foram obtidos na cobertura com Aveia. Estes dois tratamentos atingiram valores superiores às médias dos demais tratamentos em relação ao retorno por cada unidade monetária investida no custeio de sementes.

Tabela 3. Custo de sementes, receita bruta e retorno por unidade monetária investida em culturas de cobertura de inverno (Ret. unid. invest.).

Cobertura de inverno	Custo cobertura	Receita feijão	Ret. Unid. Invest.
	US\$ ha <sup>-1</sup>	US\$ ha <sup>-1</sup> *	US\$ ha <sup>-1</sup> **
CENTEIO	70,0	805,6	11,5
AZEVÉM	25,8	1083,3	42,1
AVEIA	27,0	961,1	35,6
CENTEIO + AZEVÉM	47,9	794,4	16,6
CENTEIO + ERVILHACA	70,8	994,4	14,0
AVEIA + ERVILHACA	49,3	783,3	15,9
AVEIA + ERVILHACA + NABO	53,5	727,8	13,6
CENTEIO + ERVILHACA + NABO	39,1	805,6	20,6
TESTEMUNHA	0,0	422,2	n/a

\* Valor Médio da saca de feijão de 60 kg (Instituto CEPA), do produtor para o mercado atacadista/indústria em novembro de 2007 = R\$60.

\*\* Dólar norte-americano cotado a R\$ 1,80 em janeiro de 2008.

Nas parcelas da Testemunha (pousio), não houve gastos com sementes, mas o rendimento de grãos de feijão foi muito abaixo da média do Estado, que é de 0,985 Mg ha<sup>-1</sup> (EPAGRI/CEPA, 2008). O custo com sementes variou de 25 a 31 dólares por hectare, mas os ganhos em receita foram de 83 a 250%, e em todos os casos os ganhos na renda bruta em relação à Testemunha foram de, no mínimo, 5,5 vezes superiores, chegando a quase 30 vezes o valor investido em sementes. Mesmo se forem considerados os custos de semeadura, fica evidente o ganho econômico, em curto prazo, com o uso de plantas de cobertura.

## 6. CONCLUSÕES

Produções de grandes quantidades de fitomassa por culturas de cobertura de inverno em uma única estação não foram capazes de determinar diretamente a supressão de espécies de espontâneas de verão.

A supressão de espontâneas pode ser melhor relacionada com a espécie ou associação de espécies utilizadas como cultura de cobertura de inverno do que com a quantia de fitomassa produzida por estas.

O picão-preto (*Bidens pilosa*), espontânea freqüente em cultivos anuais de verão na região sul do Brasil, pode ser muito bem controlada com a adoção do uso das culturas de cobertura de inverno utilizadas.

O rendimento de grãos de feijão depende da fitomassa de espontâneas produzida no período crítico de competição do feijão.

O investimento em culturas de cobertura de inverno traz retorno em curto prazo para o sistema de produção de feijão quando comparado ao pousio de inverno.

Estudos contínuos, na mesma área, por um período de 5 a 8 anos, podem confirmar a viabilidade técnica e econômica da utilização do sistema de plantio direto sem utilização de herbicidas para produção de feijão.



## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Muitos trabalhos demonstram a importância do plantio direto na redução da erosão, melhorias em características biológicas e de ciclagem de nutrientes, quebra de ciclos de pragas e doenças, atração e manutenção de insetos benéficos e uma melhora da relação do agricultor com o meio. No entanto, a maior parte destes benefícios somente influencia o rendimento de grãos de feijão e a qualidade do cultivo em longo prazo, fazendo com que se atinja a viabilidade econômica e técnica do sistema somente após anos de implantação.

Utilizando-se do rendimento de grãos de feijão e da análise com custeio de sementes, verificou-se a existência de viabilidade no uso de plantio direto sem o uso de herbicida e os retornos econômicos obtidos com a utilização das culturas de cobertura, que também podem ser observados em curto prazo. Além disso, esse sistema incorpora e se utiliza melhor da biodiversidade do meio, um pressuposto para a produção agrícola em sistemas sustentáveis.

Sistemas de plantio direto, não dependentes do uso de herbicidas, são uma alternativa interessante para os agricultores que anseiam por uma produção que não comprometa o meio nem a saúde de produtores e consumidores.

O trabalho evidenciou a necessidade de se realizarem estudos complementares que auxiliem a compreensão da influência alelopática das plantas de cobertura sobre as espécies de espontâneas, tanto em ensaios em casa de vegetação para testes de germinação e produção de fitomassa de espontâneas como na identificação e quantificação de compostos através de análise química em laboratório. Também ficou evidenciada a importância da realização de estudos sobre o comportamento do banco de sementes de espontâneas com diferentes coberturas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. S. Alelopatia e as plantas. *Circular N° 53: IAPAR*. Londrina: IAPAR, 1988, 60 p.
- ALMEIDA, G. L. *et al.* Os riscos e danos nas intoxicações por paraquat em animais domésticos. *Ciência Rural*, v.37, p. 1506-1512, 2007.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 74, p. 19-31, 1999.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. e PONTI, L. *Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas*. BITTENCOURT, H. V.; VELLOSO, C. Q.; MARTHENDAL, A; PENNAFORTE, P. P.; ALMEIDA, A. e RODRIGUES, P. E. (Trad). Brasília: MDA, 2007. 31 p.
- ANAYA, A. L. Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 18, p. 697-739, 1999.
- ANVISA. Gerência Geral de Toxicologia. Classificação e rotulagem de agrotóxicos. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/ghs/Curso%20GHS%202005/PALESTRAS/GHSApresentacaoAnvisa-ANA-VEKIC.pdf>>. Acesso em: 4 de maio de 2008.
- ANDRADE, C. A. *et al.* Efeito da competição com plantas daninhas em diferentes espaçamentos sobre o rendimento de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência Agrotécnica*, v. 3, p. 529-539, 1999.
- BADGLEY, C. Can agriculture and biodiversity coexist? In: KIMBRELL, A. (Ed), *The fatal harvest reader: the tragedy of industrial agriculture*. Sausalito: Island Press, p. 199-207, 2002.
- BENYUS, J. M. *Biomimética: inovação inspirada na natureza*. ALMEIDA, M. C. (Trad). São Paulo: Cultrix, 2003, 304 p.
- BLACKSHAW, R. E. *et al.* Ongoing development of integrated weed management systems on the Canadian prairies. *Weed Science* v. 56, p. 146-150, 2008.

- BLUM, U. Allelopathy: a soil system perspective. In: REIGOSA M.; PEDROL N. e L. GONZALEZ (Ed.). *Allelopathy: A physiological process with ecological implications*. Dordrecht: Springer, p. 299-340, 2006.
- BONANOMI, G. *et al.* Phytotoxicity dynamics of decaying plant materials. *New Phytologist* v. 169, p. 571-578, 2006.
- BOSCH, R. v. d.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. *An introduction to biological control*. New York: Plenum Press, 1985, 247 p.
- BRASIL. *Lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003*. Publicado no Diário Oficial da União de 24/12/2003, seção 1, p. 8.
- CALEGARI, A. *et al.*. *Adubação verde no sul do Brasil*, 2ª ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993, 346 p.
- COLBACH, N. *et al.*. How to model the effects of farming practices on weed emergence. *Weed research*, v. 45, p. 2-17, 2004.
- COBUCCI, T.; FERREIRA, F. A. e DA SILVA, A. A. Controle de plantas daninhas. In: ARAÚJO, R. S. (Ed), *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, p. 433-460, 1996.
- COUTINHO, C. F. *et al.* Pesticidas: mecanismos de ação, degradação e toxidez. *Pesticida: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 15, p. 65-72, 2005.
- DAROLT, M. R. e NETO, F. S. Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. Não publicado, 2004, 7 p.
- DERPSCH, R. e CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. 2ª Ed. *Circular Nº73: IAPAR* Londrina: IAPAR, 1992, 80 p.
- DOYLE, C.J. A review of the use of models of weed control in Integrated Crop Protection. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 64, p. 165-172, 1997.
- DUKE, S. O. e DAYAN, F. E. Modes of action of phytotoxins from plants. In: REIGOSA M.; PEDROL N. e L. GONZALEZ (Ed.). *Allelopathy: A physiological process with ecological implications*. Dordrecht: Springer, p. 511-536, 2006.

EPAGRI/CEPA – Centro de estudos de safras e mercados. Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/>>. Acessado em 6 de janeiro de 2008.

FARIA, R. T. Cultivos associados milho e feijoeiro. In: *Cultura do feijão no Estado do Paraná*. Londrina: IAPAR, p. 27-31, 1980.

FOMSGAARD, I. S.; MORTENSEN, A. G. e CARLSEN, C. K. Microbial transformation products of benzoxazolinone and benzoxazinone allelochemicals. *Chemosphere*, v. 58, p. 1025-1038, 2004.

FOY, C. L. e INDERJIT. Understanding the role of allelopathy in weed Interference and declining plant diversity. *Weed Technology*, v. 15, p. 873-878, 2001.

GIESY, J.P.; DOBSON, S. e SOLOMON, K. R. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Reviews of Environmental Contamination & Toxicology*, v. 167, p. 35-120, 2000.

GUSTAFSON, T. C. *et al.* Simulated insect defoliation and duration of weed interference affected soybean growth. *Weed Science*, v. 54, p. 735-742, 2006.

HESS, S. C. Disruptores endócrinos ambientais: riscos à saúde pública. No prelo, 2007, 16 p.

HALFORD, C. *et al.* Critical period of weed control in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, v. 15, p. 734-744, 2001.

KISSMANN, K. G. *Plantas infestantes e nocivas – TOMO I*. São Paulo: BASF Brasileira S.A., 1991, 608 p.

KISSMANN, K. G. e GROTH, D. *Plantas infestantes e nocivas – TOMO II*, 2<sup>a</sup> Ed. São Paulo: BASF Brasileira S.A., 1999, 978 p.

KLINGMAN, G. C. e ASHTON, F. M. *Weed science: principles and practices*. New York: Wiley-interscience, 1975, 431 p.

KOHLI, R. K.; BATISH, D. R.; e SINGH, H. P. Allelopathic interactions in agroecosystems. In: REIGOSA M.; PEDROL N. e L. GONZALEZ (Ed.). *Allelopathy: A physiological process with ecological implications*. Dordrecht: Springer, p. 465-492, 2006.

LANA, M. A. Uso de Culturas de Cobertura no Manejo de Comunidades de Plantas Espontâneas como Estratégia de Transição para a Agroecologia. 2007. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LIEBMAN, M. e DYCK, E. Crop Rotation and Intercropping Strategies for Weed Management. *Ecological Applications*, v. 3, p. 92-122, 1993.

LUNKES, J.A. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D (Ed.). Tecnologia da produção do feijão irrigado. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997, p. 9-19.

MALHEIROS, A. e PERES, M. L. P. Alelopatia: Interações químicas entre espécies. In: YUNES, R. A. e CALIXTO, J. B (Ed). *Plantas medicinais sob a ótica da química moderna*. Chapecó: Argos, p. 503-523, 2001.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: Características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: Edição do Autor, 1991.

RODRIGUES, B. N. e ALMEIDA, F. S. Guia de Herbicidas, 3ª ed. Londrina: IAPAR, 1995, 675 p.

NORRIS, R. F. e KOGAN, M. Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annual Review of Entomology*, v. 50, p. 479-503, 2005.

PASSINI, T. Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura de feijão quando em convivência com *Brachiaria plantaginea* (LINK) Hitchc. 2001. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

POPA, V. I. *et al.* Lignin and polyphenols as allelochemicals. *Industrial crops and products*, v. 27, p. 144-149, 2008.

PUTNAM, A. R. e DUKE, W. B. Allelopathy in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, v. 16, p. 431-451, 1978.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J. e GHERSA, C. *Weed ecology: implications for management*, 2ª ed. New York: John Wiley e Sons, Inc., 1997, 589 p.

RICE, E. L. *Allelopathy*. New York: Academic Press, 1974, 302 p.

RODRIGUES, B. N. e ALMEIDA, F. S. Guia de Herbicidas, 3ª ed. Londrina: IAPAR, 1995, 675 p.

RUFFO, M. L.; BULLOCK, D. G. e BOLLERO, G. A. Soybean yield as affected by biomass and nitrogen uptake of cereal rye in winter cover crop rotation. *Agronomy Journal*, v. 96, p. 800-805, 2004.

SÁNCHEZ, A. M.; WEISS, O. A. e REIGOSA, M. J. Allelopathic Evidence in the Poaceae. *The Botanical Review*, v. 69, p. 300-319, 2004.

SCHENK, H. J.; CALLAWAY, R. M. e MAHALL, B. E. Spatial root segregation: are plants territorial? *Advances in Ecological Research*, v. 28, p. 146-180, 1999.

SCC (Sierra Club of/du Canada). *Overview of the toxic effects of 2,4-D*. Não publicado, 2005, 10 p.

WEIDENHAMER, J. D. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse. *Agronomy Journal*, v. 88, p. 866-875, 1996.

WHITTACKER, R. e FENNY, P. P. Allelo-chemicals: chemical interactions between species. *Science*, v. 171, p. 557-770, 1971.

WYLAND, L. J. *et al.* Winter cover crops in a vegetable cropping system: impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 59, p. 1-17, 1996.

TAIZ, L. *Fisiologia Vegetal*, 3ª ed. SANTARÉM, E. L. (Trad.) Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

TEASDALE, J. R. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture*, v. 9, p. 475-479, 1996.

ZIMDAHL, R. L. Weed control in Colorado potatoes – a review. *American Potato Journal*, v. 48, p. 423-427, 1971.

## **ANEXOS**

# ANEXO I

## LAUDO DE ANÁLISE DO SOLO DA ÁREA DO EXPERIMENTO



GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA  
SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E POLÍTICA RURAL  
COMPANHIA INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA  
Laboratório Físico Químico e Biológico



### LAUDO DE ANÁLISE

### SOLO

Nº 6639 / 2005

Interessado.....: PAULO LOVATO  
Município interessado: Campos Novos  
Remetente.....: UFSC  
Localidade.....: SEDE  
Município remetente..: Florianópolis  
Endereço remetente ..: EM MÃOS  
Material.....: Solos  
Recebimento.....: 27/09/05



Determinação	10996/01		10997/02		10998/03		10999/04		Unidade
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	>70.00	Classe 1	>70.00	Classe 1	68.00	Classe 1	64.00	Classe 1	% Argila
pH	5.60	Medio	6.50	Alto	6.40	Alto	5.90	Medio	
Índice SMP	5.70		6.50		6.40		6.10		
Fósforo	5.00	Médio	5.40	Médio	8.40	Alto	5.10	Médio	ppm
Potássio	124.00		157.00		196.00		235.00		ppm
Mat.Orgânica	3.80	Médio	3.80	Médio	4.30	Médio	3.70	Médio	%(m/v)
Alumínio	0.00		0.00		0.00		0.00		cmolc/l
Cálcio	6.60	Alto	9.00	Alto	9.70	Alto	8.50	Alto	cmolc/l
Magnésio	4.60	Alto	5.70	Alto	4.90	Alto	4.50	Alto	cmolc/l
Sódio	4.00		5.00		6.00		7.00		ppm
H + Al	6.15		2.46		2.75		3.89		cmolc/l
pH CaCl2	5.20	Média	6.10	Muito Baixa	6.10	Muito Baixa	5.60	Baixa	
Soma Bases-S	11.54	Alta	15.12	Alta	15.13	Alta	13.63	Alta	cmolc/l
CTC	17.69	Alta	17.58	Alta	17.88	Alta	17.52	Alta	cmolc/l
Saturação Bases-V	65.23	Média	86.01	Alta	84.62	Alta	77.80	Alta	%

Obs: Interpretação conforme recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, SBCS - Núcleo Regional Sul / EMBRAPA-CNPT, 2004.

Para as determinações pH, CaCl2, S, CTC, V, cfe. Boletim Técnico n. 31 - Emater/Paraná.

Florianópolis, 4 de outubro de 2005

Clóvis Goulart de Bem  
Responsável pela análise  
CRQ-13-13100011



## ANEXO II

### RESUMO DO ARTIGO REDIGIDO COM DADOS DA DISSERTAÇÃO E ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO ACTA SCIENTIARUM AGRONOMY, VOLUME 3 DE 2009

#### PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO GUARÁ E EFEITO SUPRESSIVO DE CULTURAS DE COBERTURA DE INVERNO EM ESPONTÂNEAS DE VERÃO

#### Common bean yield and the suppressive effect of winter cover crops on summer weeds

H. v. H. BITTENCOURT<sup>1</sup>, P. E. LOVATO<sup>2</sup>, J. J. COMIN<sup>2</sup>, M. A. LANA<sup>2</sup> e M. A. ALTIERI<sup>3</sup>

1. Mestrando do Programa Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2. Professor do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina, 3. Professor Associado da Universidade da Califórnia em Berkeley

#### RESUMO

Investigou-se o efeito das coberturas de inverno centeio, aveia, azevém, ervilhaca e nabo forrageiro (e suas associações) em sistema de plantio direto na cobertura do solo e produção de biomassa das coberturas de inverno, na biomassa de plantas espontâneas de verão no período crítico de competição com o feijão e na produtividade do feijão da cultivar Guará. O experimento instalado teve delineamento experimental constituído por blocos ao acaso com quatro repetições. Observaram-se as maiores percentagens de cobertura do solo no inverno com os tratamentos centeio + ervilhaca, centeio + ervilhaca + nabo forrageiro e aveia + ervilhaca enquanto a produção de biomassa de cobertura foi maior com centeio+ervilhaca + nabo forrageiro. Não foi detectada correlação da biomassa de cobertura com a supressão de plantas espontâneas de verão; o efeito de supressão foi maior no monocultivo de azevém e no consórcio de centeio + ervilhaca + nabo forrageiro. Os melhores rendimentos de feijão foram obtidos com azevém, aveia e centeio + ervilhaca, que atingiram 1.950, 1.730 e 1.790 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. O azevém e a aveia apresentaram os menores custos com sementes e as maiores receitas, ou seja, os maiores retornos por unidade monetária investida.

Palavras-chave: plantio direto, plantas espontâneas, rendimento, conservação do solo.